

Carla Vasconcelos

**Fadiga e sonolência em aviadores: análise de
variações da voz, fala e linguagem**

Belo Horizonte
2019

Carla Vasconcelos

Fadiga e sonolência em aviadores: análise de variações da voz, fala e linguagem

Tese submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Neurociências do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Neurociências.

Área de Concentração: Neurociências Básicas

Linha de Pesquisa: Neurociências da fala, linguagem e processamento simbólico

Orientador: Prof. Dr. Hani Camille Yehia

Departamento de Engenharia Eletrônica - UFMG

Coorientador: Prof. Dr. Maurílio Nunes Vieira

Departamento de Engenharia Eletrônica - UFMG

Belo Horizonte

2019

043 Vasconcelos, Carla.
Fadiga e sonolência em aviadores: análise de variações da voz, fala e linguagem [manuscrito] / Carla Vasconcelos. - 2019.
355 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Hani Camille Yehia. Co-orientador: Prof. Dr. Maurílio Nunes Vieira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Neurociências.

1. Neurociências. 2. Fadiga. 3. Fadiga Mental. 4. Sonolência. 5. Qualidade da Voz. 6. Acústica da Fala. 7. Medida da Produção da Fala. 8. Medicina Aeroespacial. I. Yehia, Hani Camille. II. Vieira, Maurílio Nunes. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 612.8

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Rosilene Moreira Coelho de Sá - CRB 6 - 2726



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

UFMG

ATA DA DEFESA DE TESE DA ALUNA CARLA APARECIDA DE VASCONCELOS

Realizou-se, no dia 05 de dezembro de 2019, às 13:00 horas, Sala da Congregação da Escola de Engenharia (Bloco 1, 4o andar), da Universidade Federal de Minas Gerais, a 75ª defesa de tese, intitulada *Fadiga e sonolência em aviadores: análise de variações da voz, fala e linguagem*, apresentada por CARLA APARECIDA DE VASCONCELOS, número de registro 2015701952, graduada no curso de FONOAUDIOLOGIA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em NEUROCIÊNCIAS, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Hani Camille Yehia - Orientador (UFMG), Prof(a). Maurílio Nunes Vieira (UFMG), Prof(a). Maria Mendes Cantoni (UFMG), Prof(a). Carmen Elvira Flores Mendoza Prado (UFMG), Prof(a). Emi Zuiki Murano (Faculdade de Medicina USP-SP), Prof(a). Zuleica Antonia Camargo (Universidade Católica de São Paulo).

A Comissão considerou a tese:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 05 de dezembro de 2019.


Carlos Magno Machado Dias - Secretário(a)


Prof(a). Hani Camille Yehia (Doutor)


Prof(a). Maurílio Nunes Vieira (Doutor)


Prof(a). Maria Mendes Cantoni (Doutora)


Prof(a). Carmen Elvira Flores Mendoza Prado (Doutora)


Prof(a). Emi Zuiki Murano (Doutora)


Prof(a). Zuleica Antonia Camargo (Doutora)

Dedicatória

*À minha mãe. Meu exemplo de força,
doçura e sabedoria.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dar mais do que eu preciso e por me abençoar mais do que eu mereço. *Sl 16:5 - “O Senhor é a porção da minha herança e do meu cálice; Tu és o arrimo da minha sorte.”*

A toda minha família que, mesmo à distância, sempre me apoiou de forma incondicional. Vocês são refrigério para minha vida.

Aos meus queridos orientadores, Prof. Dr. Hani Camille Yehia e Prof. Dr. Maurílio Nunes Vieira, por terem aberto as portas para a realização deste estudo e terem acreditado que este trabalho era possível. Por todo o saber compartilhado sempre de forma paciente e generosa. Por todas as conversas acolhedoras e pelas orientações que ultrapassaram o ambiente acadêmico e ficaram para a vida. Quantas palavras ficaram como bálsamos curativos... Sempre me lembrarei com carinho.

Ao meu orientador da Universidade de Estocolmo e Instituto Karolinska, Professor Dr. Göran Kecklund, por ter me recebido de forma tão atenciosa em Estocolmo, por todos os textos, convites para seminários e saberes compartilhados.

Ao Comandante Paulo Licati da CNFH - ABRAPAC (Comissão Nacional da Fadiga Humana da Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil) por ter feito o primeiro convite para esta pesquisa. Sinto imensa admiração por sua generosidade, postura ética e capacidade visionária.

Ao CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) pelo apoio fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Em especial à Tenente-Coronel Laura Marcolino, à Tenente Simone Cassiano, à Psicóloga Vanessa Dias e a todos os demais membros da equipe dos Fatores Humanos na Aviação. A contribuição e apoio de todos vocês foi essencial para este estudo.

Ao Dr. Malcolm Brenner da NTSB – USA (*National Transportation Safety Board – United States of America*) por, generosamente, se disponibilizar a vir ao Brasil e

discutir comigo as metodologias de análise da fala em casos de acidentes aeronáuticos.

A todos os membros da CNFH por todas as reuniões, palestras e discussão sobre fadiga e sonolência na aviação. Em especial ao Túlio Rodrigues por ter me auxiliado nas análises estatísticas do estudo piloto.

Ao COMAVEMG (Comando de Aviação do Estado de Minas Gerais – Aviação de Segurança Pública), por todo apoio a este estudo. Em especial ao Tenente Thiago Vitório e à Tenente Fabiana Rezende pelo auxílio nas coletas e aos aviadores que, generosamente, participaram deste estudo.

Aos aviadores da FAB (Força Aérea Brasileira) que, também generosamente, participaram deste estudo, em especial à Daniele Lins Chycziy por todo apoio.

Aos pilotos da aviação civil que também participaram de forma generosa desta pesquisa.

Ao Comando de Aviação do Exército pelo apoio e por terem feito a primeira publicação dos resultados desta tese em revista.

À Prof. Dra. Cláudia Moreno por ter intermediado o contato com o Professor Göran Kecklund no *Stress Research Institute* para meu período de Doutorado Sanduíche.

Aos colegas do CEFALA (Centro de Estudos da Fala, Linguagem, Acústica e Música) por todos os momentos compartilhados no transcorrer deste percurso e pela troca de conhecimentos/aprendizados. Em especial à Maria Cantoni pelos *scripts* do PRAAT (*software* de análise acústica – sua sigla significa “fala” em holandês), pois isso foi fundamental para a conclusão deste trabalho no prazo viável. E ao Leandro pelas leituras, dicas, reuniões e material compartilhado desde que esta tese era somente um projeto. Enfim, a todos pelo apoio mútuo, pelas dicas no meu estudo, pelos risos, choros, abraços e, sobretudo, por terem tornado tão doces esses anos que convivemos. A amizade e a gratidão serão eternas, tenham certeza.

À Bruna, ao Pietro e ao Spencer pelas aulas de estatística. E à Karen pela amizade acolhedora.

À Sandra Merlo pela troca de saberes sobre a relação entre a disfluência e sonolência, tema ainda tão pouco estudado, explorado cientificamente.

Ao Prof. Maurício de Cunto pelas dicas e por me indicar, de forma tão generosa, para a realização desse estudo.

Às colegas da Perícia da SEPLAG (Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão) pela compreensão por minhas tantas ausências e por me cobrirem generosamente. Em especial à Etienne, à Raquel, e à Tatiane que me auxiliaram na transcrição e marcação dos dados.

Aos colegas do Núcleo de Otorrino BH por compreenderem meus momentos de ausência. Em especial ao Alexandre, à Marluce e à Daniella por me cobrirem inúmeras vezes.

Aos colegas do Conselho Regional de Fonoaudiologia, sobretudo aos demais membros da Diretoria, por entenderem e também me cobrirem nas ausências.

Ao meu ex-marido, Federico, por todo apoio emocional ao longo desse percurso. Sua amizade incondicional foi um presente de Deus na minha. Chegar até aqui foi muito por mérito seu também.

A todos os meus amigos pelo apoio e torcida contínuos.

Ao Governo do Estado de Minas Gerais que, em 2017, autorizou meu afastamento da SEPLAG para cursar o Doutorado Sanduíche.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro a este estudo em meu período de Doutorado Sanduíche.

Epígrafe

“Dormi três anos e no mês de julho de 1906 apresentei-me no campo de Bagatelle com o meu primeiro aeroplano. Perguntar-me-á o leitor porque não o construí mais cedo, ao mesmo tempo que os meus dirigíveis. É que o inventor, como a natureza de Linneu, não faz saltos; progride de manso, evolui.

(...) Fiz-me bom aeronauta (...) estudei a fundo o motor a petróleo e só quando verifiquei que o seu estado de perfeição era bastante para fazer voar, ataquei o problema do mais pesado que o ar.

(...) É verdade que sempre fui de uma felicidade, de uma sorte inaudita em todos os meus empreendimentos aéreos; tive uma boa estrela.”

Alberto Santos Dumont – Pai da Aviação – em: “O que eu vi, o que nós veremos.”

RESUMO

A fadiga central e a sonolência têm despertado interesse na área da aviação mundialmente. Isso é devido ao número de acidentes e ao expressivo envolvimento dos fatores humanos entre as causas. No Brasil, de acordo com o CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), a taxa é de 1 acidente a cada 2 dias sendo 90% causados por fatores humanos. Segundo a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), a fadiga/sonolência contribuiria para 20% dos acidentes aéreos no mundo. Mas, apesar dos riscos que a fadiga e a sonolência agregam à segurança aérea, apenas 19 ocorrências aeronáuticas brasileiras apresentaram-nas como fatores contribuintes. Isso se deve à ausência de uma metodologia de detecção desses sinais/sintomas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi desenvolver métodos para detecção da fadiga e da sonolência em aviadores baseado nos correlatos acústicos de voz, fala e linguagem. Para tanto, esta pesquisa foi subdividida em 5 subestudos. No primeiro, foram comparadas amostras de fala de pilotos com queixa/suspeita de fadiga/sonolência a um grupo controle e os resultados foram comparados também ao FAST (*Fatigue Avoidance Scheduling Tool*). Do segundo ao quarto, os pesquisadores analisaram 3 casos reais de acidente sendo que havia indício de fadiga/sonolência como fatores contribuintes em 2 desses, tendo sido comparadas amostras da fala dos pilotos gravadas antes do acidente com as gravadas durante. No quinto, os aviadores foram triados por meio de 4 escalas de fadiga e sonolência (*Karolinska Sleepiness Scale - KSS*; *Epworth Sleepiness Scale - ESS*, *Samn-Perelli Fatigue Scale - SPFS* e *Yoshitake Fatigue Scale - YFS*) e foi realizada avaliação de fala em duas situações: em dia de folga no qual estavam sem queixa de sonolência/fadiga e ao longo de um dia de trabalho no qual estavam fatigados/sonolentos. Os dados das escalas foram analisados estatisticamente por meio do teste de Friedman (KSS e SPFS) e Wilcoxon (ESS e YFS) sendo que se verificou aumento da fadiga e da sonolência no dia de trabalho. Para a análise da fala/linguagem, utilizou-se o GLM (*General Linear Model*) pareado. Nove variáveis foram extraídas da fala/linguagem: taxa de elocução, duração média das pausas, taxa total de pausas, taxa de pausas fluentes, taxa de pausas disfluentes, taxa de pausas silenciosas disfluentes, taxa de pausas preenchidas disfluentes, taxa de articulação e taxa total de pausas silenciosas. As

sete primeiras apresentaram variação significativa ao longo do tempo, à medida que os participantes apresentaram aumento nos índices de fadiga e sonolência. Além disso, aplicou-se PCA (*Principal Component Analysis*), e verificou-se a possibilidade de redução das variáveis extraídas para 4. Verificou-se também que é possível o uso da LDA (*Linear Discriminant Analysis*) para agrupar os indivíduos e classificar novos casos (com ou sem fadiga e sonolência) baseados em banco de dados construído para tal. Observou-se variação quantitativa e qualitativa de voz, fala e linguagem em 2 dos 3 estudos de caso em que o acidente ocorreu na presença de indícios de fadiga/sonolência. No primeiro subestudo, também se observou variação estatística e qualitativa entre o grupo controle e o grupo com queixa. Por meio desses estudos desenvolvidos, constatamos que os parâmetros acústicos e perceptivos de voz, fala e linguagem aqui analisados são suficientemente robustos para a detecção da fadiga central e da sonolência.

PALAVRAS-CHAVE: 1 – fadiga; 2 – fadiga mental; 3 – sonolência; 4 – acústica da fala; 5 – medida da produção da fala.

ABSTRACT

Central human fatigue and sleepiness have aroused interest in aviation area worldwide. This is due to the number of accidents and the expressive involvement of human factors among the causes. In Brazil, according to CENIPA (Center for Research and Prevention of Aeronautical Accidents), the rate is 1 accident every 2 days and 90% are caused by human factors. According to NASA (National Aeronautics and Space Administration), fatigue/sleepiness would contribute to approximately 20% of air crashes in the world. But despite the risks that fatigue and sleepiness add to the safety, only 19 Brazilian aeronautical occurrences presented them as contributing factors. This is due to the absence of a methodology for detecting these signals/symptoms. In this sense, the objective of this study was to develop a method for detecting aviators human fatigue and sleepiness based on acoustic correlates of voice, speech and language. To this end, this research was subdivided into 5 substudies. In the first, speech samples from pilots complaining/suspected of fatigue/sleepiness were compared to a control group. The results were also compared to the Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST). From the second to the fourth, the researchers analyzed 3 real cases of accident, with evidence of fatigue/sleepiness as contributing factors in 2 of these, and speech samples of pilots recorded before the accident were compared with those recorded during the crash. In the fifth, the aviators were screened through four fatigue/sleepiness scales (Karolinska Sleepiness Scale - KSS; Epworth Sleepiness Scale - ESS, Samn-Perelli Fatigue Scale - SPFS and Yoshitake Fatigue Scale - YFS) and speech evaluation was performed in two situations: on a day off when they were not complaining about sleepiness/fatigue and during a working day in which they were fatigued/sleepy. The data from the scales were statistically analyzed using the Friedman test (KSS and SPFS) and Wilcoxon test (ESS and YFS). It was observed that fatigue and sleepiness increased on the working day. For speech analysis, the paired GLM (General Linear Model) was used. Nine variables were extracted from speech: elocution rate, mean pause duration, total pause rate, fluent pause rate, disfluent pause rate, disfluent silent pause rate, disfluent filled pause rate, articulation rate and total silent pause rate. The first seven showed significant variation over time, when participants showed increased fatigue and sleepiness indexes. In addition,

PCA (Principal Component Analysis) was applied to reduce the extracted variables to four. It was also found that it is possible to use Linear Discriminant Analysis (LDA) to group individuals and classify new cases (with or without fatigue and sleepiness) based on a database built for this purpose. There was quantitative and qualitative variation of voice, speech and language in the 2 out of the 3 cases where the accident occurred in the presence of signals of fatigue/sleepiness. In the first substudy, statistical and qualitative variations were also observed between the control group and the group with complaints. Through these studies, we found that the acoustic and perceptive parameters of voice, speech and language analyzed here are sufficiently robust to detect central fatigue and sleepiness.

KEY-WORDS: 1 – fatigue; 2 – mental fatigue; 3 – sleepiness; 4 – speech acoustics; 5 – speech production measurement.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama do ciclo NREM/REM durante a noite de um jovem adulto	53
Figura 2 - Característica bifásica do ritmo circadiano humano	55
Figura 3 - esquema representativo dos componentes linguísticos da comunicação	60
Figura 4 - Esquema representativo das medidas de organização temporal do discurso, incluindo as medidas de pausas (ou rupturas da fala)	65
Figura 5 - Estrutura silábica universal	67
Figura 6 - Modelo DIVA de aquisição e produção de fala	70
Figura 7 - Etapas do processo de adaptação da EFSP para a língua portuguesa ...	77
Figura 8 - Legenda das medidas estatísticas	90
Figura 9 - Exemplo da faixa de tessitura do falante no dia anterior ao acidente	93
Figura 10 - Exemplo da faixa de tessitura do falante no dia do acidente	94
Figura 11 - Quadro comparativo e exemplificativo da diferença de tessitura encontrada entre o dia anterior ao acidente (verde) e o dia do acidente (laranja)	94
Figura 12 - Espectrograma exemplificativo da mudança de ajuste laríngeo na vogal /a/ presente na hesitação prolongada típica do falante em questão:	95
Figura 13 - Exemplo de enunciado produzido pelo falante no dia anterior ao acidente (12/08/2014).....	97
Figura 14 - Exemplo de enunciado produzido pelo falante no dia do acidente (13/08/2014).....	98
Figura 15 - Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1134,14 segundos (18'54") do canal de áudio denominado "22012017_1129_H3"	163
Figura 16 - Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1634,21 segundos (27'14") do canal de áudio denominado "22012017_1129_H3"	164
Figura 17 - Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1634,21 segundos (27'14" minutos) do canal de áudio denominado "22012017_1129_H3"	165

Figura 18 - Intervalo entre a última emissão do piloto (em sussurro) e o ruído de impacto.....	165
Figura 19 - comunicação do copiloto com a torre de controle	168
Figura 20 - comunicação do copiloto.....	169
Figura 21 - comunicação do copiloto.....	170
Figura 22 - comunicação do copiloto.....	171
Figura 23 - comunicação do copiloto.....	172
Figura 24 - comunicação do copiloto.....	173
Figura 25 - comunicação do copiloto.....	174
Figura 26 - comunicação do copiloto – dia distinto ao do incidente.....	175
Figura 27 - comunicação do piloto.....	177
Figura 28 - comunicação do piloto.....	178
Figura 29 - comunicação do piloto.....	179
Figura 30 - comunicação do piloto.....	180
Figura 31 - comunicação do piloto.....	181
Gráfico 1 - Valores médios da Taxa de Elocução (divisão fonológica) para os três turnos de trabalho dos 6 pilotos	88
Gráfico 2 - Variações ao longo do tempo da taxa de articulação na fala espontânea	99
Gráfico 3 - Comparação da taxa de articulação média em minutos.	100
Gráfico 4 - Porcentagem total de descontinuidade da fala.....	102
Gráfico 5 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Elocução Dia anterior ao acidente	105
Gráfico 6 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Articulação Dia anterior ao acidente	105

Gráfico 7 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Elocução Dia do acidente	106
Gráfico 8 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Articulação Dia do acidente	106
Gráfico 9 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	108
Gráfico 10 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	109
Gráfico 11 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	110
Gráfico 12 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	111
Gráfico 13 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	112
Gráfico 14 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	113
Gráfico 15 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	114
Gráfico 16 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	115

Gráfico 17 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	116
Gráfico 18 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	117
Gráfico 19 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Elocução.....	118
Gráfico 20 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Elocução em outro modelo de gráfico	118
Gráfico 21 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	119
Gráfico 22 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	120
Gráfico 23 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	121
Gráfico 24 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	122
Gráfico 25 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	123
Gráfico 26 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	124

Gráfico 27 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	125
Gráfico 28 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	126
Gráfico 29 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	127
Gráfico 30 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente.....	128
Gráfico 31 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Articulação.....	129
Gráfico 32 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Articulação para outro modelo de gráfico.....	129
Gráfico 33 - Representação da medida de correlação de Pearson entre as variáveis Taxa de Elocução x Tempo Total de Disfluência	130
Gráfico 34 - Representação da medida de correlação de Pearson entre as variáveis Número de Pausas x Número de Sílabas	132
Gráfico 35 - Representação da medida de correlação de Spearman entre as variáveis Número de Pausas x Número de Sílabas	133
Gráfico 36 - Representação da medida de correlação de Spearman entre as variáveis Tempo Total de Pausa x Número de Sílabas.....	134
Gráfico 37 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	136
Gráfico 38 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	137
Gráfico 39 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	138

Gráfico 40 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	139
Gráfico 41 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	140
Gráfico 42 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	141
Gráfico 43 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	142
Gráfico 44 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	143
Gráfico 45 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	144
Gráfico 46 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	145
Gráfico 47 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Não-Preenchidas	146
Gráfico 48 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Não-Preenchidas para outro modelo de gráfico	146
Gráfico 49 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	147
Gráfico 50 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	148
Gráfico 51 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	149
Gráfico 52 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	150
Gráfico 53 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	151

Gráfico 54 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	152
Gráfico 55 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	153
Gráfico 56 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	154
Gráfico 57 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	155
Gráfico 58 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente	156
Gráfico 59 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Preenchidas.....	157
Gráfico 60 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Preenchidas para outro modelo de gráfico	157
Gráfico 61 - Representação dos valores médios da Escala de Sonolência de Karolinska dos pilotos ao longo do tempo	185
Gráfico 62 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Escala de Sonolência de Karolinska ao longo do tempo	186
Gráfico 63 - Representação dos valores médios da Escala de Fadiga de Samn-Perelli dos pilotos ao longo do tempo.....	187
Gráfico 64 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Escala de Fadiga de Samn-Perelli ao longo do tempo	187
Gráfico 65 - Representação dos valores médios da Escala de Sonolência de Epworth dos pilotos no dia de Folga e no dia de Trabalho.....	189
Gráfico 66 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Escala de Sonolência de Epworth no dia de Folga e no dia de Trabalho.....	189

Gráfico 67 - Representação dos valores médios da Escala de Fadiga de Yoshitake dos pilotos no dia de Folga e no dia de Trabalho.....	190
Gráfico 68 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Escala de Fadiga de Yoshitake no dia de Folga e no dia de Trabalho	191
Gráfico 69 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea	194
Gráfico 70 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea.....	195
Gráfico 71 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo	199
Gráfico 72 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo	200
Gráfico 73 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo.....	200
Gráfico 74 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) de cada participante.....	201
Gráfico 75 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo – sem o informante 4.....	202
Gráfico 76 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) de cada piloto ao longo do tempo	203
Gráfico 77 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) do piloto 4 ao longo do tempo	203
Gráfico 78 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Articulação da Fala Espontânea	204
Gráfico 79 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea.....	204

Gráfico 80 - Representação dos valores médios da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo	206
Gráfico 81 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo	206
Gráfico 82 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo.....	207
Gráfico 83 - Transformação de Johnson para a Duração Média das Pausas da Fala Espontânea	207
Gráfico 84 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Duração Média das Pausas transformada da Fala Espontânea.....	208
Gráfico 85 - Representação dos valores médios da DMP em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	209
Gráfico 86 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	209
Gráfico 87 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	210
Gráfico 88 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa Total de Pausa da Fala Espontânea	210
Gráfico 89 - Transformação de Johnson para a Taxa Total de Pausa da Fala Espontânea	211
Gráfico 90 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa Total de Pausas transformada da Fala Espontânea	211
Gráfico 91 - Representação dos valores médios da Taxa Total de Pausa em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	212

Gráfico 92 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	213
Gráfico 93 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo.....	213
Gráfico 94 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Fluente da Fala Espontânea.....	214
Gráfico 95 - Transformação de Johnson para a Taxa de Pausas Fluente da Fala Espontânea	214
Gráfico 96 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Fluente transformada da Fala Espontânea	215
Gráfico 97 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Fluente em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	216
Gráfico 98 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PF em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	216
Gráfico 99 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PF em valores reais (em segundos) ao longo do tempo.....	217
Gráfico 100 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Disfluente da Fala Espontânea.....	217
Gráfico 101 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Disfluente da Fala Espontânea.....	218
Gráfico 102 - Representação dos valores médios da Taxa Total de Pausas Disfluente em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	219
Gráfico 103 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa PD (em segundos) ao longo do tempo	219
Gráfico 104 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa PD (em segundos) ao longo do tempo	220

Gráfico 105 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Silenciosas Disfluentes da Fala Espontânea.....	220
Gráfico 106 - Tentativa de Transformação dos dados da Taxa de PSD	221
Gráfico 107 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de PSD da Fala Espontânea	221
Gráfico 108 - Representação dos valores médios da Taxa PSD (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	224
Gráfico 109 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PSD (em segundos) ao longo do tempo	224
Gráfico 110 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PSD (em segundos) ao longo do tempo	225
Gráfico 111 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de PPD da Fala Espontânea	225
Gráfico 112 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de PPD da Fala Espontânea	226
Gráfico 113 - Representação dos valores médios da Taxa de PPD (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	227
Gráfico 114 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa PPD (em segundos) ao longo do tempo	227
Gráfico 115 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PPD (em segundos) ao longo do tempo	228
Gráfico 116 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Fala Espontânea	228
Gráfico 117 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Fala Espontânea	229
Gráfico 118 - Representação dos valores médios da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	230

Gráfico 119 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) (em segundos) ao longo do tempo	230
Gráfico 120 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) (em segundos) ao longo do tempo.....	231
Gráfico 121 - Gráfico de linha dos autovalores versus as componentes principais	232
Gráfico 122 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC1	233
Gráfico 123 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC2	233
Gráfico 124 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC3	233
Gráfico 125 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda com os envoltórios convexos dos grupos de tempo.....	234
Gráfico 126 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda sem envoltórios dos grupos	234
Gráfico 127 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis	237
Gráfico 128 - Gráfico de barras contendo do Eixo 1 (que, nesse caso, explica 100% do modelo) contendo dois grupos de tempo, F0 e T3, das 9 variáveis	239
Gráfico 129 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis	240
Gráfico 130 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis	242
Gráfico 131 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Elocução da Leitura	244
Gráfico 132 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Leitura.....	244
Gráfico 133 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo	246

Gráfico 134 - Representação da mediana, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais	247
Gráfico 135 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais	248
Gráfico 136 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Articulação da Leitura	248
Gráfico 137 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea.....	249
Gráfico 138 - Representação dos valores médios da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo	250
Gráfico 139 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais	250
Gráfico 140 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais	251
Gráfico 141 - Transformação de Johnson para a Duração Média das Pausas da Leitura	251
Gráfico 142 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Duração Média das Pausas transformada da Leitura.....	252
Gráfico 143 - Representação dos valores médios da DMP em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	253
Gráfico 144 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	253
Gráfico 145 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	254

Gráfico 146 - Transformação de Johnson para a Taxa Total de Pausa da Leitura	254
Gráfico 147 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa Total de Pausas transformada da Leitura	255
Gráfico 148 - Representação dos valores médios da Taxa Total de Pausas em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	256
Gráfico 149 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	256
Gráfico 150 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TP transformada (em segundos) ao longo do tempo	257
Gráfico 151 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Fluente da Leitura.....	257
Gráfico 152 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Fluente	258
Gráfico 153 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Fluente (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	259
Gráfico 154 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Fluente em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	259
Gráfico 155 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PF (em segundos) ao longo do tempo	260
Gráfico 156 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Disfluente da Leitura.....	260
Gráfico 157 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Disfluente da Leitura.....	261
Gráfico 158 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Disfluente em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	262

Gráfico 159 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa PD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	262
Gráfico 160 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa PD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo.....	263
Gráfico 161 - Tentativa de Transformação dos dados da Taxa de PSD	263
Gráfico 162 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de PSD da Leitura	264
Gráfico 163 - Representação dos valores médios da Taxa PSD em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	265
Gráfico 164 - Representação da mediana, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PSD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	266
Gráfico 165 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Taxa de PSD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	266
Gráfico 166 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de PPD da Leitura	267
Gráfico 167 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes transformada da Leitura.....	267
Gráfico 168 - Representação dos valores médios da Taxa de PPD em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo.....	268
Gráfico 169 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PPD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	268
Gráfico 170 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PPD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo.....	269

Gráfico 171 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Leitura	269
Gráfico 172 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Leitura	270
Gráfico 173 - Representação dos valores médios da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo	271
Gráfico 174 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	271
Gráfico 175 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundos) ao longo do tempo	272
Gráfico 176 - Gráfico de linha dos autovalores versus as componentes principais	273
Gráfico 177 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC1	274
Gráfico 178 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC2	274
Gráfico 179 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC3	274
Gráfico 180 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda com os envoltórios convexos dos grupos de tempo.....	275
Gráfico 181 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda sem envoltórios dos grupos	275
Gráfico 182 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis	277
Gráfico 183 - Gráfico de barras contendo o Eixo 1 (que, nesse caso, explica 100% do modelo) contendo dois grupos de tempo, F0 e T3, das 9 variáveis	279
Gráfico 184 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis	280
Gráfico 185 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis	282

Quadro 1 - Medidas da Taxa de Elocução para leitura dos informantes estudados.	90
Quadro 2 - Comparação estatística para a Taxa de Elocução na leitura entre o grupo estudado e o controle.....	91
Quadro 3 - Tipologia das pausas do falante no dia anterior ao acidente. Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações.....	97
Quadro 4 - Porcentagem de rupturas na fala no dia anterior ao acidente	97
Quadro 5 - Tipologia das pausas do falante no dia do acidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	98
Quadro 6 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do acidente	98
Quadro 7 - Seleção aleatória das amostras de fala para comparação estatística ..	107
Quadro 8 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	169
Quadro 9 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	169
Quadro 10 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	170
Quadro 11 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	170
Quadro 12 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	171
Quadro 13 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	171
Quadro 14 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	172
Quadro 15 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	172
Quadro 16 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	173
Quadro 17 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	173
Quadro 18 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	174
Quadro 19 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	174

Quadro 20 - Tipologia das pausas do falante em dia distinto ao do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Dentro dos Padrões de Normalidade.....	175
Quadro 21 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	175
Quadro 22 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Dentro dos Padrões de Normalidade	177
Quadro 23 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	177
Quadro 24 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	178
Quadro 25 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	178
Quadro 26 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	179
Quadro 27 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	179
Quadro 28 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado.....	180
Quadro 29 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	180
Quadro 30 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Dentro dos Padrões de Normalidade	181
Quadro 31 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente	181
Quadro 32 - Avaliação do Comportamento Vocal no dia anterior ao acidente 12/08/2014	311
Quadro 33 - Avaliação do Comportamento Vocal no dia do acidente 13/08/2014	313

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ajuste de Modelo Misto.....	89
Tabela 2 - Comparações Duas a Duas entre os Turnos.....	89
Tabela 3 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	108
Tabela 4 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	108
Tabela 5 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	109
Tabela 6 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	110
Tabela 7 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	111
Tabela 8 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	112
Tabela 9 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	113
Tabela 10 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	114
Tabela 11 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	115
Tabela 12 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução	116
Tabela 13 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	119
Tabela 14 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	120

Tabela 15 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	121
Tabela 16 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	122
Tabela 17 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	123
Tabela 18 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	124
Tabela 19 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	125
Tabela 20 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	126
Tabela 21 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	127
Tabela 22 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação	128
Tabela 23 - Coeficiente de Correlação de Pearson e significância da comparação entre a Taxa de Elocução e o Tempo Total da Disfluência no dia do acidente	131
Tabela 24 - Coeficiente de Correlação de Pearson e significância da comparação entre o Número de Pausas e Número de Sílabas no dia do acidente.....	132
Tabela 25 - Coeficiente de Correlação de Spearman e significância da comparação entre o Número de Pausas e Número de Sílabas no dia do acidente.....	134
Tabela 26 - Coeficiente de Correlação de Spearman e significância da comparação entre o Tempo Total de Pausa e Número de Sílabas no dia do acidente	135
Tabela 27 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	135
Tabela 28 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	136

Tabela 29 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	137
Tabela 30 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	138
Tabela 31 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	139
Tabela 32 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	140
Tabela 33 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	141
Tabela 34 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	142
Tabela 35 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	143
Tabela 36 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas.....	144
Tabela 37 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	147
Tabela 38 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	148
Tabela 39 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	149
Tabela 40 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	150
Tabela 41 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	151
Tabela 42 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	152

Tabela 43 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	153
Tabela 44 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	154
Tabela 45 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	155
Tabela 46 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas.....	156
Tabela 47 - Friedman para testar a significância da variação da Escala de Sonolência de Karolinska ao longo do tempo	185
Tabela 48 - Friedman para testar a significância da variação da Escala de Fadiga de Samn-Perelli ao longo do tempo	186
Tabela 49 - Wilcoxon para testar a significância da variação da Escala de Sonolência de Epworth no dia de folga e no dia de trabalho	188
Tabela 50 - Wilcoxon para testar a significância da variação da Escala de Fadiga de Yoshitake no dia de folga e no dia de trabalho.....	190
Tabela 51 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Elocução ao longo do tempo.....	196
Tabela 52 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Elocução ao longo do tempo – sem o informante 4	201
Tabela 53 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Articulação ao longo do tempo	205
Tabela 54 - GLM pareado para testar a significância da variação da DMP transformada ao longo do tempo.....	208
Tabela 55 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa Total de Pausa ao longo do tempo	212
Tabela 56 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Fluente ao longo do tempo	215

Tabela 57 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Disfluentes ao longo do tempo	218
Tabela 58 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa PSD....	222
Tabela 59 - Friedman para testar a significância da variação da Taxa PSD ao longo do tempo	222
Tabela 60 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de PPD ao longo do tempo.....	226
Tabela 61 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) ao longo do tempo	229
Tabela 62 - Análise de Componentes Principais das 9 variáveis analisadas na fala espontânea.....	232
Tabela 63 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo	235
Tabela 64 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea nos 4 grupos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	236
Tabela 65 - Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA	237
Tabela 66 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor do eixo ..	238
Tabela 67 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea nos 2 grupos extremos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis.....	238
Tabela 68 - Carga de cada variável para o eixo único da LDA.....	238
Tabela 69 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo	239
Tabela 70 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea em 3 grupos de tempo, 2 extremos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	239

Tabela 71 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA	240
Tabela 72 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo	241
Tabela 73 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea em 3 grupos de tempo, 2 externos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	241
Tabela 74 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA	241
Tabela 75 - Friedman para testar a significância da variação da Taxa de Elocução ao longo do tempo.....	245
Tabela 76 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Elocução.....	246
Tabela 77 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Articulação ao longo do tempo	249
Tabela 78 - GLM pareado para testar a significância da variação da DMP transformada ao longo do tempo.....	252
Tabela 79 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa Total de Pausa ao longo do tempo	255
Tabela 80 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Fluentes ao longo do tempo	258
Tabela 81 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Disfluentes ao longo do tempo	261
Tabela 82 - Friedman para testar a significância da variação da Taxa PSD ao longo do tempo	264
Tabela 83 - LM pareado para testar a significância da variação da Taxa PSD	265
Tabela 84 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes transformada ao longo do tempo	268
Tabela 85 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) ao longo do tempo	270

Tabela 86 - Análise de Componentes Principais das 9 variáveis analisadas na leitura	273
Tabela 87 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo	276
Tabela 88 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na leitura nos 4 grupos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	276
Tabela 89 - Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA	277
Tabela 90 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor do eixo ..	278
Tabela 91 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea nos 2 grupos extremos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	278
Tabela 92 - Carga de cada variável para o eixo único da LDA	278
Tabela 93 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo	279
Tabela 94 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na leitura em 3 grupos de tempo, 2 externos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	279
Tabela 95 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA	280
Tabela 96 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo	280
Tabela 97 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na leitura em 3 grupos de tempo, 2 externos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis	281
Tabela 98 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA	281

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	41
1.1. Delimitação do tema e justificativa	42
1.2. Objetivos.....	43
1.3. Hipóteses	45
2. REVISÃO DE LITERATURA	47
2.1. Fadiga humana de origem central	48
2.2. Ciclo vigília-sono	51
2.3. Cronobiologia e ciclo circadiano	54
2.4. Voz, fala e linguagem	56
2.5. Comunicação oral e Prosódia	58
2.6. Funções da prosódia	61
2.7. Organização temporal da fala	63
2.8. Disfluência oral	67
2.9. Modelo DIVA e bases neurolinguísticas.....	68
2.10. Escalas de medidas de fadiga e sonolência e FAST.....	72
3. MATERIAIS E MÉTODOS	78
3.1. Informantes	79
3.2. Corpus.....	79
3.3. Coleta de dados	80
3.4. Análise.....	81
3.5. Análise estatística	84
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.3. Resultados e discussão do subestudo 1 - Comparação entre as variações de voz, fala e linguagem de aviadores examinados em dia de trabalho com grupo controle - estudo piloto.....	87
4.2. Resultados e discussão do subestudo 2 – Comparação das variações de voz, fala e linguagem de avião em dia de descanso e dia de acidente aéreo.....	92
4.3. Resultados e discussão do subestudo 3 – Comparação das variações de voz e fala de avião em dia de descanso e as ocorridas ao longo de voo com desfecho fatídico.....	158
4.4. Resultados e discussão do subestudo 4 – Variações na voz, fala e linguagem de aviadores examinados em dia de descanso e em dia de incidente aeronáutico	166

4.5. Resultados e discussão do subestudo 5 – Variações na fala e na linguagem de aviadores examinados em dia de descanso e em dia de trabalho.....	182
5. CONCLUSÃO	283
REFERÊNCIAS.....	287
ANEXO A.....	301
ANEXO B.....	303
ANEXO C.....	305
ANEXO D.....	306
APÊNDICE.....	311

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - DELIMITAÇÃO DO TEMA E JUSTIFICATIVA

A partir de estudos estatísticos da NTSB (*National Transportation Safety Board*) e da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) constatou-se que cerca de 80% dos acidentes e incidentes aéreos no mundo ocorrem por falha humana, sendo que a fadiga contribuiria para, aproximadamente, 20% desses (NASA - *Human researches*; NTSB, 1994; NTSB, 2010).

Embora a fadiga e a sonolência ofereçam riscos ao modal aéreo, por meio de ações simples de gerenciamento da fadiga e sonolência dos tripulantes, esses riscos poderiam ser minimizados e, assim, evitar-se-iam acidentes e incidentes aéreos.

Baseando-se nos estudos científicos, a ICAO (*International Civil Aviation Organization*) anunciou recomendações para o gerenciamento de riscos da fadiga humana em operações aéreas para todos os países dela signatários (o Brasil inclusive), com a introdução, principalmente, do FRMS (*Fatigue Risk Management System*). Isso juntamente com a IATA (*International Air Transport Association*) e a IFALPA (*International Federation of Air Line Pilots Associations*) (ICAO - DOC 9966).

Dessa forma, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de se conhecer as alterações na emissão de voz, fala e linguagem dos pilotos de aeronaves diante de um estado de fadiga humana ou sonolência a fim de se desenvolver um método para a detecção objetiva dessas.

Esse método possibilitaria a criação de um protocolo e um sistema para monitorar o surgimento de sintomas de fadiga em tempo real, ou seja, durante a atividade de voo dos pilotos, a fim de se controlar o estado de vigília e transtornos emocionais transitórios, visando ao envio de avisos de alerta em tempo real para a tripulação.

Possibilitaria, também, o gerenciamento em terra por meio de serviços de triagens periódicas e, além disso, permitiria a investigação da contribuição do fator fadiga/sonolência nos acidentes e incidentes do modal aéreo brasileiro conforme já preconizados pela ICAO (DOC 9966).

Ressalta-se que a busca por um método objetivo para a detecção da fadiga central é um tema amplamente debatido na atualidade entre os membros da aviação em todo o mundo e que, apenas recentemente, alguns pesquisadores propuseram que tal avaliação se desse por meio da análise das alterações de voz, fala e linguagem realizando-se medições acústicas tradicionais e a modelagem dos coeficientes cepstrais para extração automática de dados. No entanto, os estudos sobre o tema são escassos e incipientes (GREELEY et al., 2007; GREELEY et al., 2013; KRAJEWSKI et al., 2009; KRAJEWSKI et al., 2010; RUIZ et al., 2008; SHIOMI et al., 2012; VOGEL et al., 2010a; VOGEL et al., 2010b).

Além disso, ainda hoje, no Brasil, não há estudos robustos sobre essa avaliação para o Português Brasileiro. Isso talvez se dê pela dificuldade em se desenvolver estudos multidisciplinares, ou seja, que envolvam mais de uma área do conhecimento científico como, nesse caso, a Neurologia, a Fonoaudiologia, a Linguística e a Engenharia. O estudo multidisciplinar do tema possibilitaria a verificação adequada da efetividade dos métodos propostos e, sobretudo, em caso de resultados positivos, a futura automatização desses métodos. (GREELEY et al., 2007; GREELEY et al., 2013).

Embora os novos requisitos da ICAO relacionem o FRMS a pilotos e comissários, a metodologia é aplicável também aos controladores de tráfego aéreo, profissionais de manutenção e aeroviários. Poderia ser estendida ainda a profissionais de outras áreas que requerem atenção mantida, tais como motoristas, comandantes de embarcações marítimas e demais membros da tripulação, profissionais de manutenção assim como trabalhadores de plataformas marítimas, de movimentação de cargas portuárias e da mineração entre outros.

1.1 - OBJETIVOS

Geral:

Desenvolver métodos de análise para detecção da fadiga humana do tipo central e da sonolência baseado nos correlatos acústicos de voz, fala e linguagem.

Específicos do Subestudo 1:

1. Comparar as amostras de voz, fala e linguagem de pilotos gravadas ao longo de um dia de trabalho em que haja queixa de fadiga ou sonolência com amostras coletadas junto a um grupo controle sem queixa de fadiga ou sonolência.

Específicos do Subestudo 2:

1. Comparar amostras de voz, fala e linguagem de um piloto gravadas, pelo menos, 24 horas antes de um acidente aéreo com aquelas coletadas cerca de 1 hora antes e, também, das gravadas durante o acidente em que haja queixa/suspeita de fadiga ou sonolência.

Específicos do Subestudo 3:

1. Comparar amostras de voz, fala e linguagem de um piloto gravadas antes de um acidente aéreo com aquelas gravadas ao longo do voo em que ocorreu acidente em que não havia queixa nem suspeita de fadiga ou sonolência.

Específicos do Subestudo 4:

1. Comparar amostras de voz, fala e linguagem de pilotos gravadas antes de um incidente aéreo com aquelas gravadas durante o incidente em que haja queixa/suspeita de fadiga ou sonolência.

Específicos do Subestudo 5:

1. Comparar as amostras de fala e linguagem de pilotos gravadas em dias de descanso em que não haja queixa de fadiga ou sonolência (amostra padrão) com amostras realizadas em dia de trabalho no qual haja queixa de fadiga ou sonolência ou previsão de uma escala extenuante de trabalho que possa expor o participante ao aparecimento de fadiga central ou sonolência.

2. Descrever os possíveis marcadores acústicos de fala e linguagem indicativos da fadiga humana central e da sonolência.

3. Descrever, comparar e correlacionar métodos de avaliação da Fadiga (escalas psicométricas de Fadiga de Samn-Perelli e de Fadiga de Yoshitake) com possíveis variações da fala e linguagem.

4. Descrever, comparar e correlacionar métodos de avaliação da Sonolência (escalas psicométricas de Sonolência de Karolinska e de Sonolência de Epworth) com possíveis variações da fala e linguagem.

1.3 - HIPÓTESES

Geral:

Acredita-se que os parâmetros acústicos de voz, fala e linguagem sejam suficientemente robustos para a detecção da fadiga humana de origem central e da sonolência.

Específicas do Subestudo 1:

1. Acredita-se que haverá detecção de variações da voz, fala e linguagem de pilotos ao longo de um dia de trabalho em que haja queixa de fadiga e sonolência e também comparativamente ao grupo controle. Isso possibilitará o melhor delineamento dos métodos para aprofundamento dessa tese.

Específicas do Subestudo 2:

1. Acredita-se que será possível detectar alterações de voz, fala e linguagem de piloto com queixa/suspeita de fadiga e sonolência em situação de acidente aeronáutico viabilizando, portanto, a medição desses sintomas como sinais objetivos em casos reais de investigação de acidentes aeronáuticos.

Específicas do Subestudo 3:

1. Acredita-se que as possíveis alterações encontradas na voz, fala e linguagem de um piloto sem queixa de fadiga ou sonolência, mesmo diante de uma situação de acidente aéreo, serão distintas das encontradas nas situações de fadiga e sonolência.

Específicas do Subestudo 4:

1. Acredita-se que as possíveis alterações encontradas na voz, fala e linguagem de pilotos com queixa de fadiga ou sonolência diante de uma situação de incidente aéreo, serão semelhantes às encontradas nas situações de fadiga e sonolência em casos de acidentes e também às encontradas no estudo piloto (subestudo 1).

Específicas do Subestudo 5:

1. Acredita-se que havendo detecção de fadiga e sonolência atestada pelas escalas psicométricas aplicadas, será possível detectar também alterações de fala e linguagem dos pilotos viabilizando, portanto, a medição desses sintomas como sinais objetivos.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - FADIGA HUMANA DE ORIGEM CENTRAL

A fadiga humana pode ser definida como o estado de desgaste que segue um período de esforço mental e/ou físico, caracterizado por diminuição da capacidade de trabalhar, de operar máquinas com segurança e pela redução da eficiência para responder a um estímulo (lentidão, aumento do tempo de reação e do poder de tomada de decisão por, dentre outros, diminuição do estado de alerta) (COOK et al., 2007; DEMOUGEOT e PAPAXANTHIS, 2011; DINGES, 1995; DUC e LI, 2012; ICAO - DOC 9966; LIM, 2010; MARCORA et al., 2009; MOTA et al., 2005).

Há dois tipos de fadiga humana, uma central e outra periférica (ou física) e a etiologia de ambos é multifatorial. O primeiro tipo é associado, ao menos em parte, com a variação das concentrações de glicose sanguínea, de aminoácidos de cadeia ramificada e da síntese de alguns neurotransmissores. Já a fadiga periférica é atribuída, em parte, à redução nas concentrações mioplasmáticas de cálcio que comprometem a tensão gerada pelas fibras durante contrações musculares (AMANN, 2011; ASCENSÃO et al., 2003; BARNES; LINN, 2009; DELUCA et al., 2009; DEMOUGEOT; PAPAXANTHIS, 2011; DUC; LI, 2012; KNICKER, 2011; SANTOS, 2010; STEEMS et al., 2012).

Neste trabalho, ater-se-á à definição da fadiga de origem central, foco do estudo proposto.

O quadro geral de sinais e sintomas da fadiga humana do tipo central é composto pelo encadeamento de diversos fenômenos primariamente energéticos seguidos de alterações neuroendócrinas e neuroimunológicas (KUBE, 2010). Na presença de fadiga central, o indivíduo perde sua eficiência sendo que se apresenta com capacidade neurocomportamental semelhante o de situações de embriaguez (SHANTHA, 2001). Isso se deve ao fato de o indivíduo apresentar falhas na condução do impulso nervoso que promovem a redução do número de unidades motoras ativas e a diminuição da frequência de acionamento dos motoneurônios. Conseqüentemente, haverá declínio de força muscular, bem como o decréscimo da velocidade de contração muscular e um aumento do tempo de latência para o seu relaxamento (ASCENSÃO et al., 2003; KNICKER, 2011).

Dentre os fatores etiológicos da fadiga humana os mais comumente citados são a atividade física intensa, esforço/concentração prolongados ou excessivos, distúrbios e privação do sono, depressão e presença de doenças (ASCENSÃO et al., 2003; DUC; LI, 2012; KLAASSEN et al., 2013). Os sinais e sintomas apresentados pelo indivíduo fatigado são: letargia, sonolência, diminuição da motivação, atenção, paciência, concentração, memória, equilíbrio corporal, necessidade extrema de descanso e mal-estar (MOTA et al., 2005).

Segundo Rossi e Tirapegui (1999) e Shei e Mickleborough (2013) a serotonina (5-HT) estaria diretamente envolvida nos processos de fadiga central, mais especificamente com o aparecimento do sintoma de cansaço e sono, fatos que comprometeriam o nível de atenção, concentração e memória. O 5-HT seria um dos responsáveis pela regulação do humor, do sono, da atividade sexual, do apetite, do ritmo circadiano, das funções neuroendócrinas, da temperatura corporal, da sensibilidade à dor, da atividade motora e das funções cognitivas.

Atualmente buscam-se métodos objetivos para a detecção da fadiga humana a fim de se monitorar trabalhadores expostos a atividades de alto risco e que demandam elevados níveis de atenção e concentração para diminuir os índices de acidentes e incidentes ocupacionais (KLAASSEN et al., 2013; FOLKARD, 2004).

As avaliações de fala vêm sendo apontadas como métodos promissores para a detecção da fadiga humana do tipo central. O método da análise acústica tradicional da fala é apontado como sensível para detectar a fadiga humana por apontar indícios da lentidão do tempo de reação e poder de tomada de decisão dos indivíduos (KRAJEWSKI et al., 2009; KRAJEWSKI et al., 2010, RUIZ et al., 2008, SHIOMI et al., 2012, VOGEL et al., 2010a; VOGEL et al., 2010b).

Também a modelagem dos coeficientes cepstrais revela validade e sensibilidade promissoras para análise dos sinais de fadiga evidenciados por meio da fala (GREELEY et al., 2007; GREELEY et al., 2013).

No entanto, as pesquisas sobre o tema ainda são incipientes, escassas e realizadas para outros idiomas. Portanto, é necessário o aprofundamento dos estudos para que se possa avaliar a efetividade desses métodos para a detecção da fadiga humana

bem como para se verificar a possibilidade da associação desses para o aumento da robustez do exame proposto.

Neste trabalho, propõe-se a avaliação da fadiga humana do tipo central e da sonolência em pilotos da aviação brasileira. De acordo com Palma e Paulich (1999), numa aeronave existem diversos fatores desencadeantes da fadiga em pilotos, quais sejam: a alta velocidade de voo, o reduzido espaço da cabine do piloto, a imobilização na cadeira, as diversificadas manobras e as forças acelerativas alternadas.

Sabe-se, também, que os fatores ambientais como fluxo de ar pobre, baixa luminosidade, ruído de fundo contínuo e a vibração podem causar ou, ao menos, contribuir para a fadiga humana. Tais fatores são potencializados quando o indivíduo está, concomitantemente, desempenhando atividades de risco e que exigem atenção e concentração constantes (GREELEY et al., 2007; MOHLER, 1966).

Somado a todos esses fatores ambientais (ou do trabalho) existem ainda os fatores do trabalhador da aviação como o débito de sono e o tempo de vigília prolongado que são decorrentes da própria rotina de trabalho – turnos alternados, trabalho noturno e extensa carga laboral diária – que levam o profissional à fadiga com consequente nível mais baixo de desempenho, o que potencializa o risco de acidentes e incidentes no modal aéreo (CHEE; CHUAH, 2007; DURSO; MANNING, 2008; MARTINS, 2006; PALMA, 1998; TVARYANAS; THOMPSON, 2006).

Os distúrbios do sono e o tempo de vigília prolongado são apontados como importantes fatores desencadeantes da fadiga humana de origem central (BANKS, 2013; SHANTHA, 2001; VOGEL et al., 2010a; VOGEL et al., 2010b).

De acordo com Åkerstedt et al. (2008), a sonolência pode piorar também devido ao consumo de álcool. Ressalta-se que a fadiga e a sonolência são frequentemente usadas como sinônimos, mas diferem porque a sonolência é suprida pelo sono, enquanto a fadiga demanda repouso (JEPSEN et al., 2015).

Embora sonolência e fadiga sejam duas entidades distintas, muitos pacientes e, até mesmo, profissionais da saúde não têm consciência da complexidade e da

heterogeneidade destes sinais/sintomas. Isso, em parte, ocorre pelo fato de alguns pacientes usarem os termos cansado, sonolento e fatigado de forma intercambiável e torna-se difícil identificar se a questão é fadiga ou sonolência. As duas queixas têm implicações distintas para a avaliação clínica e tratamento (SHAHID et al., 2010).

2.2 - CICLO VIGÍLIA-SONO

O sono normal é definido como um estado fisiológico cíclico de supressão da vigília e, nos seres humanos, apresenta 5 estágios principais sendo 1 REM (com movimentos oculares rápidos) e 4 NREM (sem movimentos oculares rápidos) (FERNANDES, 2006). A sequência cíclica entre os estágios NREM e REM, o chamado ritmo ultradiano, é uma característica do sono (KISHI, 2011).

Segundo Dang-Vu et al., (2016), atualmente há debates sobre a existência de 4 ou somente 3 estágios NREM do sono e que a distinção entre esses estágios/fases do sono NREM é realizada por meio de informações adquiridas a partir de parâmetros fisiológicos, incluindo eletroencefalograma – EEG.

No humano adulto, ocorre um relaxamento muscular progressivo quando o indivíduo entra na fase NREM comparativamente ao estágio de vigília, mas há manutenção do tônus e o EEG também apresenta aumento progressivo das ondas lentas à medida que se aumenta o estágio do sono NREM. Durante o sono REM, o tônus muscular apresenta-se reduzido (hipotonia) ou quase ausente (atônico), exceto para o diafragma. A atividade muscular, apesar de quase ausente, pode ser caracterizada por breves explosões (atividade fásica do sono REM) (DANG-VU et al., 2016; FERNANDES, 2006; KANDA, 2016).

Isso nos traz a hipótese de que para a ocorrência da recuperação/relaxamento das fibras musculares, o indivíduo deveria perpassar pelas fases do sono e por um número de horas adequadas à recuperação.

A fase 1 do sono NREM é um estado de sonolência, de transição do sono. Pode ser observada no início do sono ou após despertares momentâneos durante a noite (DANG-VU et al., 2016).

O estágio 2 representa a primeira fase genuína de sono e o aparecimento de fusos, resultantes de interações de estruturas cerebrais profundas (tálamo) com periféricas (córtex), que representa, de forma mais confiável, o início do sono (DANG-VU et al., 2016).

A fase 3 é, convencionalmente, definida como o ponto em que as ondas lentas ocupam mais do que 20 por cento dos 30 segundos da janela de um traçado EEG. Por causa da predominância de ondas lentas, o estágio 3 é também chamado de ondas lentas do sono (DANG-VU et al., 2016).

Após a transição da vigília para o sono NREM, a maioria das funções do sistema nervoso autônomo diminui a taxa de atividade. Assim, o sono NREM parece ser o tipo de estado capaz de comportar as funções de recuperação designados para o sono (DANG-VU et al., 2016; KISHI, 2011).

No entanto, embora a atividade cerebral diminua durante o sono NREM, especialmente no tálamo e no córtex frontal, estudos de imagem funcional demonstram que algumas regiões do cérebro, incluindo aquelas envolvidas na memória de consolidação (tais como o hipocampo), podem ser espontaneamente reativadas durante o sono NREM, especialmente quando o sono é precedido de aprendizagem intensiva (DANG-VU et al., 2016).

Esse fato traz a hipótese de que o sono NREM também contribui para os processos de memória. No passado, pensava-se que a consolidação da memória era função exclusiva do sono REM (DANG-VU et al., 2016). Embora isso não seja mais considerado, sabe-se que os papéis do sono REM e NREM para a memória se diferem, mas foge do foco desse estudo aprofundar sobre tais teorias.

A proposta de que o sono, em comparação com um tempo equivalente de vigília, beneficia a memória de alguma forma vem sendo apresentada há algum tempo e os efeitos prejudiciais da privação do sono no aprendizado fornecem subsídios para essa teoria (PINTO, 2010).

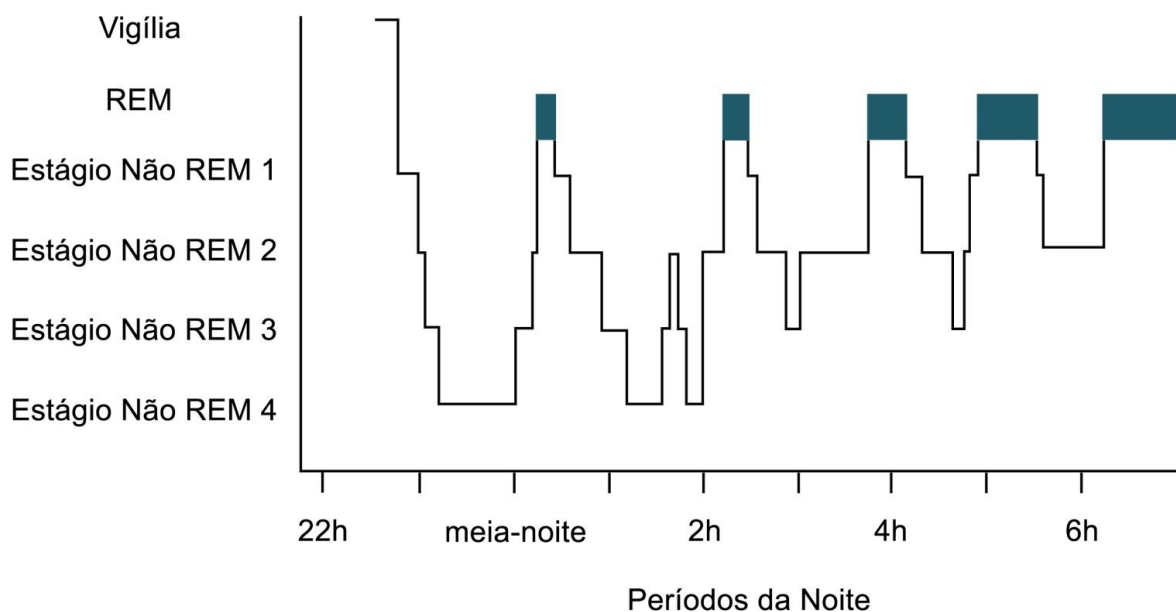
Atualmente, acredita-se que haja modificação dinâmica nos processos de memória por meio de sua organização e reorganização. Observa-se a reorganização espacial

e também relocação anatômica no cérebro – traços de memória são propagados longe de seus locais de codificação inicial durante o sono (RIBEIRO; NICOLELIS, 2004).

Durante o sono, as atividades musculares voluntárias quase desaparecem e há uma diminuição na taxa metabólica, na respiração, na frequência cardíaca, na temperatura corporal e pressão arterial. Hormônios secretados pelo corpo, tais como o estimulante epinefrina (adrenalina), são liberados em quantidades máximas cerca de duas horas antes do despertar de modo que o corpo é preparado para a vigília (TIKKANEN; ROGERS, 2015).

A seguir apresentaremos a Figura 1 que demonstra o ciclo vigília-sono de um jovem adulto. Os intervalos azuis indicam os estágios REM do sono e, como demonstrado no eixo x, dos períodos da noite, esses estágios vão aumentando em duração ao longo da noite.

Figura 1 - Diagrama do ciclo NREM/REM durante a noite de um jovem adulto



Fonte: Traduzido do DOC 9966 da ICAO

2.3 - CRONOBIOLOGIA E CICLO CIRCADIANO

A Cronobiologia é um ramo da ciência que estuda a organização temporal dos seres vivos, ou seja, os ritmos biológicos. E a organização temporal é entendida como a capacidade dos seres vivos de expressarem/controlarem seus comportamentos e fisiologia de forma periódica (ARAÚJO, 2002).

O ciclo circadiano ou ritmo circadiano (do latim *circa*, cerca de, e *diem*, dia), refere-se ao período de, aproximadamente, 24 horas da atividade biológica humana e é controlado pelo hipotálamo, que é o centro integrador de informação rítmica e que estabelece padrões de sono (TIKKANEN; ROGERS, 2015).

O núcleo supraquiasmático (SCN), localizado na parte ventral anterior do hipotálamo em mamíferos, funciona como o principal relógio circadiano sendo o responsável por processar os sinais de luminosidade (claro/escuro) (SHARMA, 2003).

As células fotorreceptoras da retina, quando estimuladas pela luz, transmitem sinais também à glândula pineal, que está ligada à extremidade posterior do terceiro ventrículo cerebral (atrás do hipotálamo) e é responsável pela produção do hormônio melatonina. Flutuações cíclicas de melatonina são necessárias para a manutenção de um ritmo circadiano normal (TIKKANEN; ROGERS, 2015).

Relógios circadianos são encontrados em organismos que vão desde bactérias a mamíferos. Essa ubiquidade de ocorrência implica significado adaptativo. Acredita-se que um organismo que possua relógios circadianos ganha vantagem de duas maneiras: (i) sincronizando seus processos comportamentais e fisiológicos com fatores ambientais cíclicos (valor adaptativo extrínseco); (ii) coordenando seus processos metabólicos internos (valor adaptativo intrínseco) (SHARMA, 2003).

O sinal natural para o padrão circadiano é a variação claro-escuro e quando a retina detecta a luz, a produção de melatonina é inibida e a vigília tende a aumentar. Contrariamente, em resposta à escuridão, a produção de melatonina é aumentada e o corpo começa a se preparar para o sono. Reações de indução do sono, tais como uma diminuição da temperatura corporal e a pressão sanguínea,

são geradas quando a melatonina se liga a receptores no SNC (Sistema Nervoso Central) (TIKKANEN; ROGERS, 2015).

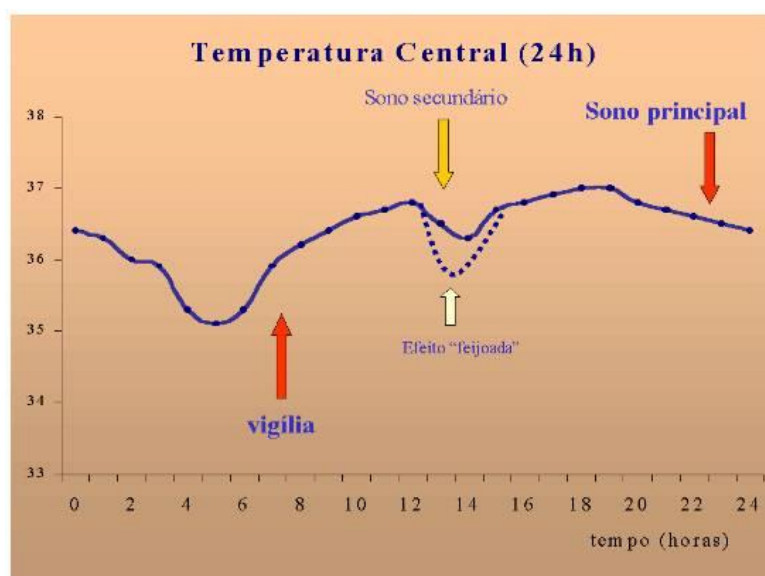
Entretanto, mesmo em áreas como a zona de penumbra subpolar ou em zonas espaciais, o corpo tende a ciclos regulares de sono e vigília, pois sempre haverá ajustes do organismo após um período de adaptação. Também, quando se viaja para locais com fusos horários diferentes do ponto de origem, ocorrerá uma alteração no ritmo circadiano, que é denominada, por sua vez, de *jet lag* (TIKKANEN; ROGERS, 2015).

Mudanças muito frequentes nos padrões circadianos, tais como vários voos transoceânicos por mês, podem levar à fadiga mental e física. A viagem espacial é ainda mais extrema (TIKKANEN; ROGERS, 2015).

Os marcadores clássicos de medição do ritmo circadiano de um mamífero são: secreção de melatonina pela glândula pineal, temperatura corporal mínima e nível de cortisol no plasma (BENLOUCIF et al. 2005; SPATARO et al., 2015).

Na Figura 2, temos uma representação do ritmo circadiano da temperatura central evidenciando que ele é bifásico.

Figura 2 - Característica bifásica do ritmo circadiano humano



Fonte: MARQUES; MENNA-BARRETO, 1997.

2.4 - VOZ, FALA E LINGUAGEM

Para uma definição ampla dos termos voz, fala e linguagem, seria necessário uma análise historiográfica da Linguística bem como das áreas do saber que também se debruçam sobre os temas, como a Fonoaudiologia e a Psicologia. No entanto, foge ao escopo deste estudo o detalhamento das linhas ou escolas de pensamentos sobre tais assuntos.

Numa análise historiográfica simplificada e resumida, nos deparamos, primeiramente, com as elaborações teóricas de Ferdinand de Saussure que propiciaram o desenvolvimento da Linguística científica e a base de pensamento, o conceito científico de “linguagem” no final do século XIX e início do XX. Embora Wilhelm von Humboldt seja reconhecido como o primeiro linguista europeu a postular que a linguagem humana seria um sistema governado por regras, os postulados de Saussure são considerados os fundadores da linguística científica.

Saussure, em seu *Curso de Linguística Geral* (compilação feita por seus alunos e publicada três anos após sua morte, em 1916) nos traz a definição de que o tema de estudo da Linguística é o conjunto de todas as manifestações da linguagem humana. Ao dizer isso, coloca, na verdade, a língua como principal objeto concreto da Linguística e distingue a língua da fala, da escrita, de outros códigos de expressão da linguagem e da própria linguagem.

A linguagem, por sua vez, para Saussure (1916), não se limita às definições da tradição greco-romana, pois semelhantemente ao que é definido por Humboldt, a linguagem na visão saussuriana é uma faculdade mental que nos é dada pela natureza e que abrange as dimensões fisiológicas, físicas e psíquicas e que seria responsável por comandar todos os signos. A fala seria um dos tipos de manifestação, de expressão da linguagem (Saussure, 1916).

Jakobson (1970) adiciona um aspecto funcional ao conceito estrutural da linguagem de Saussure sendo que, para isso, postula e define algumas funções da linguagem que se inter-relacionam ao remetente, destinatário e objetos do discurso. No entanto, esse autor, aparentemente, apresenta um conceito mais restrito de linguagem, pois essa estaria mais próxima ao conceito de língua ou considera a

linguagem quase que exclusivamente em seu viés verbal. No entanto, não iremos nos aprofundar nessas discussões por fugir ao escopo deste estudo.

A Linguística, todavia, não é capaz de dar conta sozinha de todas as questões do campo da linguagem. Sua autonomia enquanto ciência não a isola das demais que possuem a linguagem humana como objeto.

Vygotsky, Luria e Leontiev (2010), pesquisadores da área da psicologia, defenderam, por exemplo, que a linguagem é um processo semiótico mediador entre as funções cognitivas do indivíduo com o plano social. Seria, na verdade, não somente uma ferramenta que auxiliaria na formação de habilidades superiores do indivíduo quanto, ao mesmo tempo, é ela própria, uma dessas habilidades.

Para Benveniste (2005), a linguagem está na natureza do homem, é sua parte constituinte. Resumindo, o homem define-se pela linguagem, uma vez que é na linguagem e pela linguagem que o homem se constitui como sujeito.

Benveniste (2005) nos leva a entender que, pela intervenção de um aparelho vocal, a linguagem humana manifesta-se em voz. A voz humana permite, portanto, a realização vocal da língua e da linguagem como um dos aspectos da enunciação, contribuindo, dessa forma, para a entrada do homem na cultura.

Também de acordo com Behlau (2001), grande pesquisadora na área de fonoaudiológica da voz, essa é uma das ferramentas primárias e mais imediata que o ser humano dispõe para interagir com a sociedade. Do ponto de vista fisiológico e de forma resumida, a voz constitui-se do som produzido pelas pregas vocais a partir da passagem do ar que sai dos pulmões.

Atualmente, e de forma complementar as ideias de Saussure e de Jakobson, podemos definir a fala, do ponto de vista do emissor, como o resultado de gestos articulatórios acionados por ação neuromotora em decorrência das atividades linguístico-cognitivas do falante.

A produção de fala (voz incluída), na perspectiva do emissor, pode ser descrita nas seguintes etapas: criação de uma ideia, escolha de unidades linguísticas adequadas

a partir da memória, geração de uma sequência de alvos articulatórios, programação motora para a produção sonora, transmissão de comandos neuromusculares para os músculos do sistema de respiração e fonação, movimentação dos respectivos articuladores, uso do *feedback* proprioceptivo e irradiação da energia acústica pela boca e narinas. As alterações cognitivo-fisiológicas relacionadas à fadiga como, por exemplo, diminuição da tensão muscular e/ou redução da temperatura do corpo podem influenciar a expressão dessas características nas seguintes etapas de produção da fala: a) planejamento cognitivo do discurso; b) respiração; c) fonação; d) articulação/ressonância; e) irradiação. A fadiga, então, induz alterações referentes às categorias de intensidade e frequência de voz, ritmo, padrões de pausa, entonação, duração de fala, articulação e qualidade de voz (KRAJEWSKI; KROEGER, 2007; KRAJEWSKI et al., 2010).

Os recursos para detecção da fadiga e da sonolência por meio da análise de voz, fala e linguagem (os atributos mensuráveis) podem ser divididos em: a) prosódicos (frequência fundamental, intensidade, ritmo, padrão de pausa e duração); b) articulatórios (fala arrastada, redução e elisão dos sons); c) de qualidade vocal (ofegante, sussurrada, tensa, rouca, dentre outras); d) de posições dos formantes (frequências de ressonância do trato vocal dependentes do ângulo inferior da mandíbula, ângulo corpo da língua, ângulo da ponta da língua, altura do lábio, protrusão labial, velum); e) de largura de banda dos formantes (modelo de perda de energia do sinal de voz devido à elasticidade do trato vocal); f) coeficientes de codificação preditiva linear; g) relação harmônico-ruído; h) de Coeficientes Cepstrais em Escala Mel de Frequência (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients* - MFCCs); i) de Coeficientes Cepstrais em Escala Linear de Frequência (*Linear-Frequency Cepstral Coefficients* - LFCCs); j) de características espectrais derivadas do espectro médio de longo prazo (*Long Term Average Spectrum* - LTAS) (KRAJEWSKI et al., 2010; LEI, 2009; ZHOU et al., 2011).

2.5 - COMUNICAÇÃO ORAL E PROSÓDIA

Segundo Crystal (1966), a comunicação oral contém diversos componentes linguísticos. Dentre esses componentes estão os aspectos segmentais e os não-

segmentais da fala. Os aspectos não-segmentais se subdividem em componentes prosódicos, em paralinguísticos e em não-linguísticos.

Os aspectos paralinguísticos, de acordo com o mesmo autor, são caracterizados pela qualidade vocal e por mudanças laríngeas intencionais quando se diz algo, como por exemplo, o ato de sussurrar e uso do falsete. Já os aspectos não-linguísticos são os reflexos fisiológicos como a tosse, o espirro, ronco e o bocejo. Esses dois componentes da comunicação oral não são contínuos na fala, para Crystal (1966).

A prosódia, para o autor supracitado, é apresentada sob o ponto de vista do conceito amplo, pois engloba a frequência, a intensidade e a duração. Além desses parâmetros, há subsistemas prosódicos que são o ritmo, a pausa, o acento e a entonação. Todos os parâmetros e subsistemas citados são características permanentes na fala dos indivíduos de acordo com Crystal (1966).

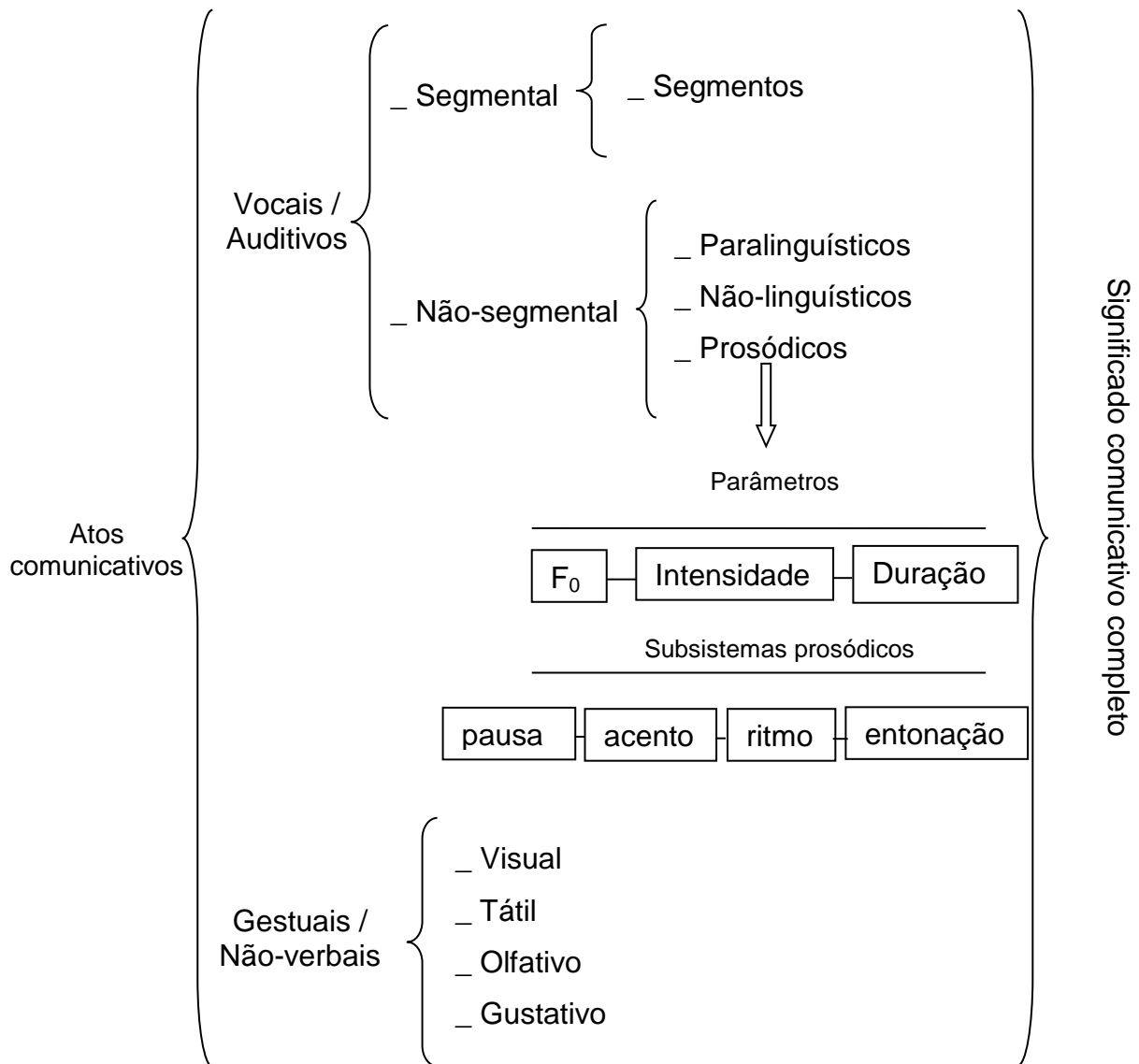
A entonação, de acordo com Crystal (1966), é um subsistema que faz parte da prosódia, posto que esta é conceituada pelo autor de forma ampla. Contudo, encontram-se na literatura autores que consideram a entonação como sinônima de prosódia, restringindo, dessa forma, a abrangência desta. São exemplos de pesquisadores que tratam prosódia e entonação como sinônimas Lehiste (1970) e Bolinger (1985).

Kent e Read (1992), assim como Crystal (1966), consideram a prosódia como um fenômeno mais amplo que a entonação, que é considerada para esses autores como parte da prosódia. A entonação, para tais pesquisadores, ocupa-se das variações melódicas, ou seja, das variações de F_0 . Madureira (1999) relata em seu estudo que F_0 é o parâmetro acústico mais relevante da entonação.

Auditivamente, a variação da frequência fundamental do falante é percebida como a melodia da emissão, enquanto a intensidade gerada pelo esforço físico durante a fala parece ser sentida como amplitude e, por último, a duração produzida pela sequência de movimentos articulatórios é auditivamente percebida como o tempo gasto na realização de eventos da fala, para Crystal (1966).

A seguir demonstraremos na Figura 3 a representação esquemática da teoria de Crystal (1966) sobre a comunicação.

Figura 3 - esquema representativo dos componentes linguísticos da comunicação



Fonte: Adaptado de Crystal (1966, p. 97).¹

De acordo com Couper-Kuhlen (2000), a prosódia possui grande importância para os enunciados dos falantes, pois é capaz de transportar quase tanto significado quanto o uso das palavras.

¹ Desenho esquemático traduzido, adaptado e inserido pela Doutoranda em sua Dissertação de Mestrado, quando ainda era mestranda. Devido à sua grande relevância para este estudo, foi novamente apresentado aqui bem como as ideias principais do autor David Crystal, tendo em vista que a obra de Crystal é de fundamental importância para este estudo.

Também para Mozziconacci e Hermes (1997) a prosódia desempenha um importante papel para fala, pois pode promover complementação e, até mesmo, modificação do enunciado. A fala, para tais autores, transmite algo além das palavras utilizadas, posto que os elementos que se encontram além do nível segmental exercem importante papel para compreensão adequada do que foi falado.

Segundo Mora-Gallardo (1996) a prosódia veicula índices de aspectos mais ou menos intencionais e, ao mesmo tempo, semioticamente distintos e significativos. Nesse sentido, é a marca da identidade do falante.

A prosódia é robusta (resistente e persistente) a alterações. É por isso que vamos carregá-la mesmo quando aprendemos uma segunda língua, e que ela resiste mesmo em alguns casos de afasia (LOUIS, 2003). É por isso, também que guardamos/armazenamos suas características regionais que nos são próprias, como mostrado em alguns estudos como o de Lecours e Lhermitte (1979) que afirmam que a prosódia abrange diversas ordens de fenômenos como a entonação emocional, particularidades regionais, acento tonal em algumas línguas, outras convenções suprasegmentais como a terminação melódica da interrogação sem rearranjo da ordem das palavras, dentre outros. Se ocorrer alterações profundas na melodia da língua devido a patologias: fala-se de disprosódia ou aprosódia.

2.6 - FUNÇÕES DA PROSÓDIA

De acordo com Antunes (2007) e Fónagy (2003), não há grande consenso na literatura sobre a quantidade e os tipos das funções prosódicas.

Em seu estudo Fónagy (2003) elenca diversas funções prosódicas e as define como descrito a seguir:

Função segmentadora e demarcadora – a articulação prosódica da mensagem é a condição fundamental da interpretação. A demarcação das unidades discursivas é primordial para a compreensão da fala e um exemplo disso é que a leitura de manuscritos lineares, sem intervalos, sem sinais de pontuação, dificulta a compreensão da mensagem.

Função de ênfase – é esta que dirige a atenção do interlocutor, com a ajuda do acento e da entonação, sobre uma ou outra palavra do enunciado. A segmentação por si só, com ou sem pausa, pode ser uma forma de se colocar algo em relevo. Por outro lado, a ausência de acento (e de pausa) pode transformar, na conversação, uma frase intercalada em advérbio.

Função sintática – A prosódia tem um papel distintivo no nível da sintaxe do enunciado, ela intervém na distinção de sentido das estruturas sintáticas. Por isso, desempenha o papel de desambiguação.

Função modal – A prosódia fornece a distinção entre as modalidades, ex.: injunção, questão, enunciação, exclamação e desejo.

Função imitativa – Dá ao ouvinte a ilusão de viver uma experiência. Ex.: ao usar os meios prosódicos para se criar no ouvinte a sensação de balanço. Ou, por exemplo, a ironia, que é uma imitação caricatural, uma pantomima do movimento mental.

Função de chamamento – É o uso do *apelo* para grito, chamado, cumprimento, mimo.

Função lógica – O uso da prosódia, nesse caso, tem o papel de distinguir as disjunções como sendo exclusivas ou inclusivas. O *ou* exclusivo não atribui valor de verdade senão a um dos dois termos, seja *a* seja *b*. Em uma disjunção inclusiva, a verdade de *a* não exclui a verdade de *b*.

Função preditiva – A preparação da fase seguinte, a coarticulação progressiva é um caráter fundamental da fala. Ela se manifesta particularmente no nível prosódico.

Exemplo: (a) *Sim, ele é um rapaz educado (e é o primeiro da classe).*
(b) *Sim, ele é um rapaz educado (mas não gosta fazer as lições).*

Função alusiva – Aqui a prosódia é usada para se referir a um objeto sem o definir de uma maneira explícita.

Função identificadora – A estratégia melódica dos falantes varia segundo o gênero do discurso. Eles mudam involuntariamente o nível tonal. A estrutura melódica faz o

contraponto com a estrutura sintática. As variações tonais dão contorno às unidades sintáticas e tomam a atenção do ouvinte.

Função estética – A repetição ou a variação de uma estrutura melódica executa o papel que a repetição e a variação de um tema têm no canto ou em uma composição musical.

Função expressiva – As variações prosódicas fazem diferenciação na expressão e permitem a distinção das expressões das diversas emoções e atitudes do falante.

2.7 - ORGANIZAÇÃO TEMPORAL DA FALA

De acordo com Duez (2005), o tempo é um elemento fundamental na produção e percepção da fala. É dado, no nível acústico, pela duração (das pausas, sílabas, vogais e consoantes). A informação derivada da duração refere-se a uma variedade de processos linguísticos que afetam a articulação dos segmentos, a realização sintática e a expressão de emoções.

Portanto, parece que o conceito de organização temporal para Duez (2005), ultrapassa o nível prosódico. Também para Astesano (2001), tanto os elementos prosódicos quanto os elementos segmentais contribuem para a organização temporal da fala. Em seu estudo, Astesano (2001), traz discussões sobre ritmo sendo que, em suas definições, esse englobaria a organização temporal relativa às proeminências, mas não somente. Ou seja, para Astesano (2001), o ritmo, na expressão oral, é um conceito que engloba outros elementos além da organização temporal (tempo-duração). O ritmo é encontrado em todo o comportamento humano: na linguagem, claro, mas também nas manifestações biológicas e artísticas. O ritmo é um princípio organizador e a organização rítmica é tão significativa para se conseguir martelar um prego ou jogar basquete quanto para o discurso, a música, a dança.

O tempo, ao nível segmental, possui um papel crítico na identificação de segmentos. Em todas as línguas, cada segmento tem um tempo intrínseco envolvido na sua identificação. Nas línguas com acento lexical, como o Inglês e o Espanhol, o termo é um parâmetro fundamental para distinguir as sílabas átonas das tônicas. A precisão

do tempo dos segmentos e sílabas, portanto, é essencial para a identificação dos segmentos e compreensão da fala, Duez (2005). Podemos estender essa compreensão para o Português Brasileiro tendo em vista que a duração é parâmetro importante para a distinção entre sílabas átonas e tônicas (CANTONI, 2013).

Uma análise completa da organização temporal da fala exige investigação das durações em todos os níveis (segmental, lexical e sintático). A organização temporal também transmite informações básicas sobre a organização sintática do enunciado. A estruturação das unidades sintáticas é baseada em informações prosódicas onde o tempo desempenha um papel crucial (DUEZ, 2005).

Neste estudo seguiram-se as mesmas proposições de Duez (2005), realizaram-se a análise da velocidade de fala e seus componentes principais (pausas e sequências sonoras) e dos componentes secundários (disfluências), dentre outras medidas descritas mais adiante.

De acordo com Grosjean e Itzler (1984), a velocidade de fala é extremamente variável em uma leitura. E de acordo com Duez (2005), para obviar a essa variabilidade, calculamos o número de sílabas de cada sequência.

O discurso produzido espontaneamente contém disfluências ligadas ao tipo de produção. Na fala espontânea, correspondem, em parte, ao tempo necessário para o planejamento do discurso e o acesso lexical. Seguindo a classificação de Maclay e Osgood (1959), essas disfluências são categorizadas em pausa preenchida (que contém hesitações), repetições de palavras, falsos começos não retomados, retomadas de forma diferente ou completadas, prolongamento de sílabas ou vogais que não causada pela conclusão de uma fronteira ou uma proeminência.

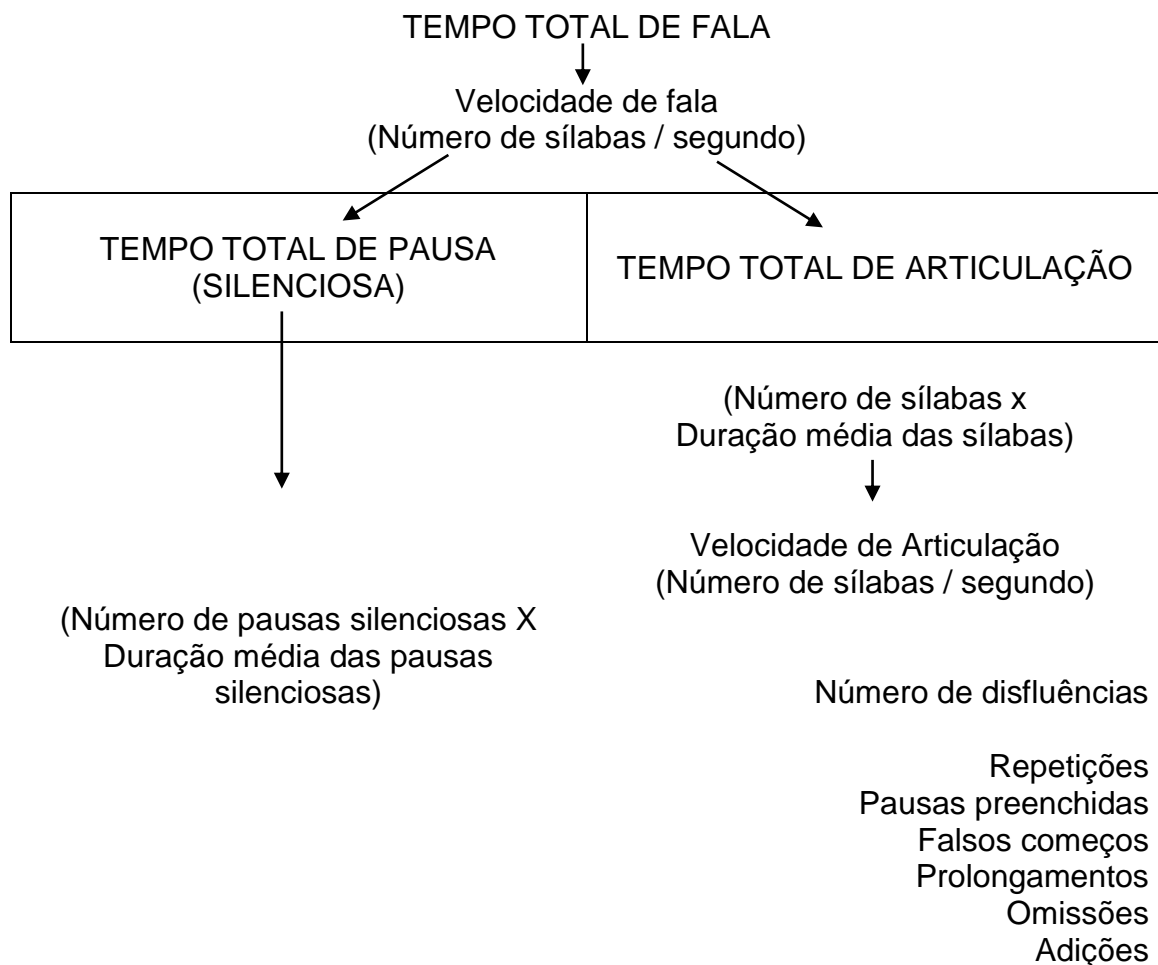
De acordo com Duez (2005), quando ocorrem essas interrupções na leitura essas não são traços de hesitação. Elas, geralmente, estão relacionadas a dificuldades de aprendizagem em algumas crianças, ou problemas motores devido a doenças neurológicas e, nesse caso, são denominadas disfluências. As disfluências incluem pausas preenchidas, repetições, falsos começos e prolongamentos, bem como omissões e adição sílabas, de palavras, de frases e que também introduzem uma ruptura no fluxo ou conteúdo do enunciado.

De acordo com Vogel et al. (2010), mediante estado de fadiga central ou sonolência/tempo prolongado de vigília, ocorrem alterações na organização temporal do discurso sendo que a fala torna-se mais lenta. Essas mudanças ocorreriam mediante a fadiga ou sonolência, pois nessas situações haveria alterações nos padrões de contração muscular e nos comandos neurológicos para a fala.

Segundo os estudos de Jackson (2006), a prevalência de fadiga entre a população de trabalhadores que atuam como aviadores é elevada. Em seu estudo, o autor encontrou um índice de prevalência de 75 % de fadiga crônica entre os pilotos.

A Figura 4 a seguir apresenta o esquema de itens de análise da organização temporal da fala incluindo as medidas de pausas proposto por Grosjean (1978).

Figura 4 - Esquema representativo das medidas de organização temporal do discurso, incluindo as medidas de pausas (ou rupturas da fala)



Fonte: Adaptado de Grosjean (1978), apud Duez (2005).

Seguindo os estudos de Grosjean (1978), Duez (2005), Machado (2011) e, sobretudo, Reis (2007), que realizou a adaptação do método para o Português Brasileiro estudando parkinsonianos, considerou-se os cálculos conforme descrito a seguir.

O Tempo Total de Fala (TTF) ou Tempo de Elocução (TE) é composto pelo Tempo Total de Articulação (TTA) (sílabas fluentes produzidas) e Tempo Total de Pausa (TTP), tanto as pausas silenciosas quanto as preenchidas.

O TTA é obtido subtraindo-se o TTP do TTF e também as sílabas disfluentes.

A Velocidade de Fala (VF) ou Taxa de Elocução (TxAE) será calculada pela divisão do número de sílabas fluentes pelo TTF ou Duração Total da Fala (DTF).

A Velocidade de Articulação (VA) ou Taxa de Articulação (TxAA) será obtida pela divisão do número de sílabas fluentes pelo Tempo Total de Fluência (TTFlu).

O TTFlu será calculado pela soma do tempo de produção sem disfluência (hesitação, bloqueio, repetição, dentre outros). O TTFlu pode coincidir com TTA, tendo em vista que para a articulação só são consideradas as produções fluentes da fala. No entanto, isso não acontecerá quando ocorrerem pausas silenciosas fluentes (como as respiratórias, as enfáticas), pois estas são englobadas no TTFlu, mas não no TTA.

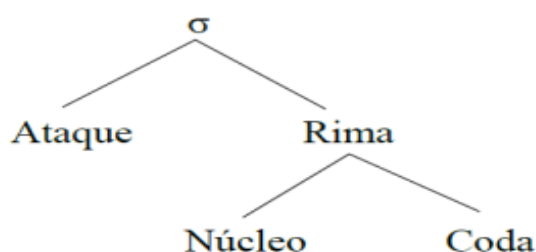
A Porcentagem da Disfluência é calculada por meio da comparação entre o número total das disfluências em relação ao número total de sílabas fluentes faladas.

Ressalta-se, ainda, que se usou a classificação linguística para a identificação das sílabas e que a divisão silábica realizada foi a fonética. Portanto, a divisão silábica será diferente da adotada por Andrade et al. (2002), por entendermos que esta não está adequada para o Português Brasileiro, embora usar-se-á a tabela proposta por esta autora para classificação das tipologias das disfluências.

Também é importante mencionar que, para o Português Brasileiro, a mínima estrutura de uma sílaba é o Núcleo e que este pode ser composto exclusivamente por vogal. Assim, o esboço de consoante isolada (que não configura coda) não compõe sílaba no Português isoladamente, pois as consoantes podem ocupar somente as posições de ataque ou coda e também o ataque não existe sem o núcleo para formar sílaba (SILVA, 1998).

A Figura 5 a seguir será apresentada a classificação para sílaba.

Figura 5 - Estrutura silábica universal



Fonte: Adaptado de Silva (1998)

2.8 - DISFLUÊNCIA ORAL

Devido a sua relevância para o estudo proposto, a disfluência foi melhor detalhada neste capítulo, após sua abordagem na Organização Temporal da Fala.

A disfluência oral é ruptura do fluxo de fluência das emissões. Para se abordar o conceito de disfluência, faz-se necessário apresentar, portanto, o conceito de fluência oral.

De acordo com Merlo (2006), a fluência é uma habilidade e, como tal, relaciona-se à noção de memória procedimental. Essa, por sua vez, engloba a série de repertórios motores ou estratégias cognitivas que, em geral, ativam-se de modo automático e inconsciente (ISQUIERDO, 2004).

Assim sendo, para Merlo (2006), a habilidade de fluência engloba diversos componentes como: baixa frequência de hesitações, de reformulações, de pausas silenciosas não-fluentes; confortável taxa de elocução, de articulação; facilidade de emissão; habilidade gramatical; e diminuição da complexidade semântica.

Nem sempre as pausas silenciosas são consideradas fluentes. A avaliação da adequação das pausas silenciosas é feita considerando-se o seu uso (se para a respiração e obedecendo a sintaxe, a estrutura hierárquica do enunciado, são apontadas como fluentes), sua duração (pausas longas, mesmo dentro de um contexto avaliado como fluente ou típico, são vistas como hesitativas), sua frequência (mesmo ocorrendo em fronteiras hierárquicas esperadas, se apresentam alta frequência e interrompem o fluxo da fala, são percebidas como quebra da fluência) (MERLO, 2006).

Já as pausas preenchidas parecem estar relacionadas à dificuldade de codificação, à busca lexical e ao planejamento do enunciado. Geralmente, as pausas preenchidas ocorridas antes de uma palavra lexical (aquelas palavras que despertam uma representação mental mesmo quando isoladas de contexto, que têm significação extralinguística como, por exemplo, infelizmente, matutando, hambúrgueres) desempenham um papel no processo de seleção lexical, enquanto as pausas preenchidas feitas em fronteira sintática ou no início de um enunciado tem um papel na programação do próximo enunciado (MACLAY; OSGOOD; 1959). A frequência de pausas preenchidas é maior no interior dos enunciados e em suas fronteiras, o que sugere que elas podem ser atribuídas à função de busca lexical (DUEZ, 2005).

2.9 - MODELO DIVA E BASES NEUROLINGUÍSTICAS

O modelo *Directions Into Velocities of Articulators* – DIVA – de produção de fala fornece uma explicação computacional e neuroanatômica da rede de regiões cerebrais envolvidas na aquisição e produção de fala. O objetivo dos pesquisadores é o de melhorar a compreensão dos mecanismos neuronais subjacentes do controle motor de fala (TOURVILLE; GUENTHER, 2011).

A interação e a descrição detalhada da participação de diversas estruturas (corticais e subcorticais) na produção da fala permanecem ainda com uma lacuna. Sobretudo da parte motora. O modelo DIVA tenta amenizar isso nos ajudando a compreender os diferentes estágios de processamento do controle motor da fala.

Segundo Tourville e Guenther (2011), um dos idealizadores do modelo, houve um considerável crescimento de estudos de imagem funcional do cérebro nos últimos anos e há um consenso a respeito das áreas cerebrais subjacentes ao controle do motor da fala. Esse autor descreve uma "rede mínima" de regiões cerebrais envolvidas na produção da fala, que inclui o córtex frontal, medial e lateral bilateral, córtex parietal, córtex temporal superior, tálamo, núcleos da base e cerebelo. Tourville e Guenther (2011) relatam também que não se surpreendem com o fato de que essas regiões estejam associadas ao planejamento e execução de movimentos em geral (córtex sensório-motor primário e premotor, área motora suplementar, cerebelo, tálamo e núcleos da base) e àquelas associadas ao processamento acústico e fonológico dos sons de fala (o giro temporal superior).

De acordo ainda com Tourville e Guenther (2011) falta, na literatura, um relato completo e mecanicista do papel desempenhado por cada região cerebral durante a produção da fala e como elas interagem para produzir uma fala fluente. Sendo assim, o objetivo do programa de pesquisa apresentado por Tourville e Guenther (2011) é o de melhorar a compreensão dos mecanismos neurais subjacentes ao controle do motor da fala.

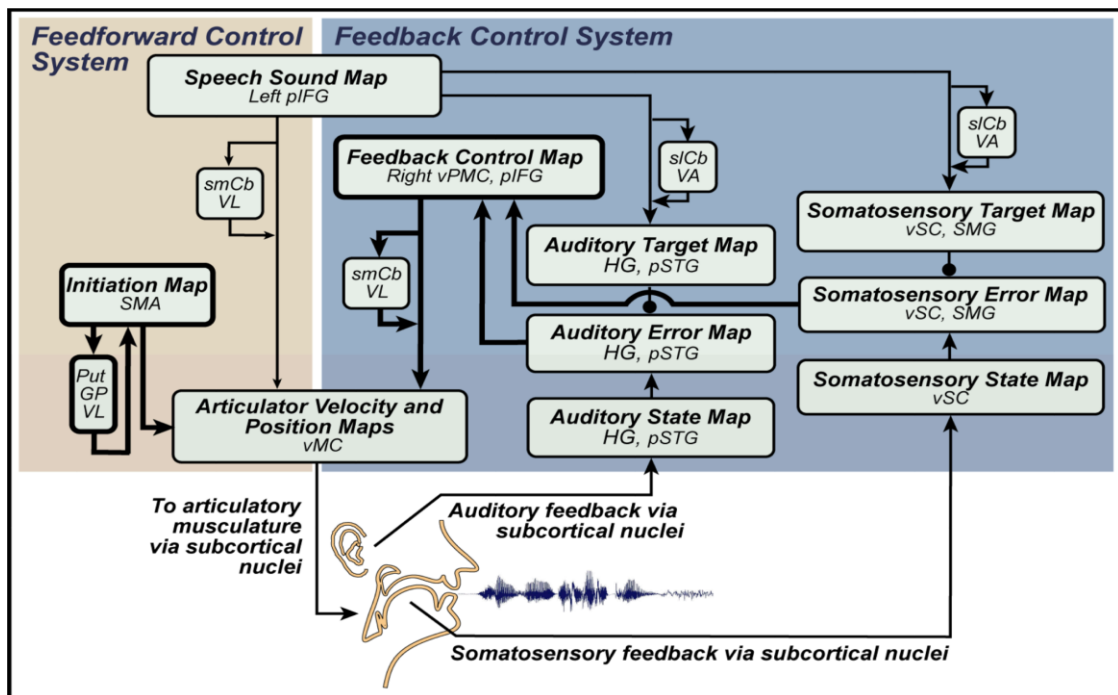
DIVA é uma rede neural adaptativa que descreve as interações sensoriomotoras envolvidas no controle do articulador durante a produção da fala. A natureza matematicamente explícita do modelo permite comparações simples de hipóteses geradas a partir de simulações de condições experimentais a dados empíricos. As simulações do modelo geram previsões de frequências acústicas (por exemplo, frequências de formantes), somatossensoriais (por exemplo, posições dos articuladores), taxas de aprendizagem e níveis de atividade dentro de componentes específicos do modelo. Experimentos são projetados para testar essas previsões, e os resultados empíricos são, por sua vez, usados para refinar ainda mais o modelo (TOURVILLE; GUENTHER, 2011).

O modelo DIVA forneceu o referencial teórico para uma série de investigações de produção de fala normal e alterada como sobre o papel do *feedback* auditivo em ouvintes normais, surdos, indivíduos com implantes cocleares, com gagueira e apraxia adquirida de fala. Isso nos leva a inferir que o modelo DIVA, talvez, seja útil

também no estudo do impacto da fadiga humana de origem central e da sonolência na fala para melhorar a interpretação dos achados. Contudo, foge ao escopo deste estudo aprofundar nas discussões do modelo.

O modelo DIVA, esquematizado na Figura 6 a seguir, consiste em sistemas integrados de controle de antecipação (*feedforward*) e controle de retroalimentação (*feedback*). Juntos, eles aprendem a controlar um trato vocal simulado. Uma vez treinado, o modelo toma um som como entrada e gera uma sequência de posições do articulador que produzem o som desejado. Cada caixa da figura corresponde a um conjunto de neurônios denominada mapa. Já o termo mapeamento é usado para se referir a uma transformação de uma representação neural, caixa, em outra. Essas transformações são representadas por setas na figura e são vistas como sinapses projetando para outro mapa (TOURVILLE; GUENTHER, 2011).

Figura 6 - Modelo DIVA de aquisição e produção de fala



Abreviaturas: GP = globo pálido; HG = giro de Heschl; pIFg = giro frontal póster- inferior; PSTg = giro temporal póster-superior; Put = putamen; SICB = cerebelo lateral superior; SmCB = cerebelo medial superior; SMA = área motora suplementar; SMG = giro supramarginal; VA = núcleo anterior ventral do cerebelo; VL = núcleo ventro-lateral do tálamo; VMC = córtex motor ventral; VPMC = córtex ventral premotor; VSC = córtex ventral somatosensorial.

Fonte: Adaptado de Tourville e Guenther (2011).

Áreas premotoras e pré-frontais cerebrais desempenham um papel significativo na seleção de respostas e na produção de sentenças. Essas áreas estão anatomicamente conectadas aos núcleos da base (BG), um conjunto de estruturas subcorticais que têm como papel a seleção de respostas de domínios comportamentais.

O putâmen e o caudado, os dois principais insumos para BG, estão relacionados no processamento motor, bem como nas operações de seleção não-motora relacionadas ao processamento da linguagem. Embora a geração de sentenças seja conhecida por ativar áreas corticais pré-frontais e premotoras que se ligam reciprocamente a estas duas estruturas neostriatais, suas contribuições específicas não são conhecidas. Apresentamos evidências que sugerem que o putâmen assume aspectos relacionados à articulação entre tarefas, enquanto que o caudado suporta seletivamente processos de seleção na geração de sentenças (ARGYROPOULOS et al., 2013).

Evidências recentes sugerem que há uma série de áreas corticais envolvidas na produção de palavras, sentenças e gestos motores orais, incluindo a área motora pré-suplementar (pré-SMA), o córtex pré-motor ventral e partes do giro frontal inferior. Uma propriedade fundamental destas áreas é a sua participação em múltiplos nós fronto-basal-ganglionar-talâmico. Cada nó inclui projeções do córtex cerebral, através dos núcleos da base (BG), para o tálamo e de volta para o córtex cerebral. O neo-estriado, constituído pelo núcleo caudado e pelo putâmen, recebe a principal entrada do córtex cerebral para o BG: os putâmen, dos córtices motor e premotor, enquanto o caudado, de várias estruturas pré-frontais (ARGYROPOULOS et al., 2013).

O caudado e o putâmen projetam para segmentos distintos do *globus pallidus* mediano, e, através de projeções para o tálamo, alcançam as regiões corticais às quais estão reciprocamente ligadas (ARGYROPOULOS et al., 2013).

A diferenciação destes nós córtico-corticais-BG-talâmicos é fortemente sugestiva de especialização funcional dentro dos BG, promovendo a ideia de que diferentes

aspectos do processamento da linguagem dependem mais de certos componentes dos BG do que outros (ARGYROPOULOS et al., 2013).

No entanto, embora o envolvimento dos BG na linguagem esteja bem estabelecido, seu papel permanece obscuro. Duas propostas populares sobre o papel dos BG são (i) seleção de ação entre alternativas concorrentes; e (ii) supressão (ARGYROPOULOS et al., 2013).

A fadiga central pode ocorrer devido a uma falha na integração da entrada límbica e as funções motoras dentro dos núcleos da base que afetam o sistema cortical estriado-talâmico-frontal (CHAUDHURI; BEHAN, 2000).

Toyomura et al. (2015) estudaram a relação entre a gagueira e os núcleos da base e demonstraram que essa está associada com o controle motor defeituoso durante o discurso e que os núcleos da base e o cerebelo estão envolvidos na fluência da fala.

Também para Sidtis et al. (2006), a fluência e a organização temporal da fala está diretamente ligada aos núcleos da base. Outros autores ainda correlacionaram a prosódia como parte da função dos núcleos da base (PAULMANN et al., 2008).

A descrição aprofundada das relações hormonais e de neurotransmissores envolvidos no processo de sonolência e fadiga e que afetam as áreas responsáveis pelos mecanismos de produção da voz, fala e linguagem foge ao escopo desse estudo.

2.10 - ESCALAS DE MEDIDAS DE FADIGA E SONOLÊNCIA E FAST

Na literatura, encontram-se alguns instrumentos para a medição da fadiga e da sonolência como, por exemplo, as escalas psicométricas autorreferentes e os modelos biomatemáticos.

Neste estudo, escolhemos 4 escalas para a medida da sonolência e fadiga e 1 modelo biomatemático de predição desses sinais/sintomas.

Para as medidas psicométricas autorreferentes da sonolência utilizamos 2 instrumentos, a Escala de Sonolência de Karolinska (ESK), desenvolvida por

Åkerstedt e Gillberg (1990), e a Escala de Sonolência de Epworth (ESE), que foi desenvolvida por Johns (1991).

A ESK mede o nível de alerta, ou sonolência, do participante no momento da aplicação e isso é muito relevante para este estudo, pois por meio dessa escala podemos verificar se as variações do estado de alerta ao longo do tempo são acompanhadas de variações na fala e quais são as variáveis na fala que nos trazem esse indício de sonolência do participante. Nessa escala, o participante deve escolher entre diferentes descrições de níveis de sonolência (de extremamente alerta, 1 ponto, à extremamente sonolento, lutando contra o sono 9 pontos) aquela que melhor define o seu estado atual, no momento da aplicação. As pontuações de 1 a 3 são estágios de alerta, os estágios 4 a 6 são hipovigilantes, os estágios 7 e 8 são sonolentos e o estágio 9 é extremamente sonolento (SVENSSON, 2004). Neste estudo, usamos a escala adaptada para o Português de Teixeira et al. (2007).

Estudos comparativos para validação da ESK perante a encefalografia demonstram correlação positiva entre todas as medidas objetivas que indicam sonolência com as reportadas pelos participantes no preenchimento dessa escala (KAIDA et al., 2006).

A ESK, no entanto, possui a desvantagem de não informar se o indivíduo sofre de sonolência excessiva (SE) por não medir o grau geral desse sinal/sintoma e de ser muito variável de um momento para o outro, pois a condição momentânea de sonolência pode variar ao longo do dia.

Para tentar obviar a esse problema, escolhemos também a Escala de Sonolência de Epworth (ESE), versão validada no Brasil por Bertolazzi et al. (2009), que fornece graus de sonolência e a probabilidade de ocorrência em situações específicas.

Retomando a questão da sonolência, embora esta seja uma função biológica, definida como uma probabilidade aumentada para dormir, há quadros que são excessivos. A sonolência excessiva ou hipersonia é referida como uma condição que acarreta ataques de sono, propensão aumentada para dormir e cochilos involuntários quando o sono é inapropriado. Há causas idiopáticas e outras conhecidas como a privação crônica do sono, a apneia e hipopneia, o uso de alguns tipos de drogas ou medicações. As consequências são aumento do risco para

acidentes, prejuízo no desempenho dos estudos, no trabalho e alterações neuropsicológicas e cognitivas (BITTENCOURT et al., 2005).

A ESE é simples e de fácil aplicação sendo que seus resultados vão de 0 a 24 pontos. Caso a soma dos valores seja igual ou superior a 10, considera-se sonolência diurna excessiva. Podemos considerar as seguintes pontuações de referência: Sonolência Excessiva (SE) normal, quando os resultados vão de 0 a 6; SE limite, resultados de 7 a 9 pontos; SE leve, resultados de 10 a 14; SE moderada, resultados de 15 a 20; SE grave, para resultados acima de 20 pontos. (BITTENCOURT et al., 2005). Embora essa escala seja mais voltada para a medição do grau geral de sonolência do indivíduo, ela também pode ser afetada pelo momento de aplicação do teste, pois o indivíduo pode ficar mais propenso a marcar graus mais intensos ou mais leves dependendo do seu estado de alerta. No entanto, que esta medida, apresenta baixa correlação com testes objetivos de sonolência excessiva diurna, exceto em casos graves, evidenciando que a escala é pouco sensível para casos mais leves do problema e isso se dê, talvez, pelo fato da sintomatologia não ser claramente definida (MATNEI et al., 2017; BITTENCOURT et al., 2005).

Para a avaliação psicométrica autorreferente da fadiga também usamos 2 instrumentos, a Escala de Fadiga de Samn-Perelli (EFSP), desenvolvida por Samn e Perelli (1982) e que fornece o grau de fadiga no momento da avaliação, e a Escala de Fadiga de Yoshitake (EFY), desenvolvida pelo Comitê de Pesquisa da Fadiga Industrial da Associação Japonesa de Saúde Industrial em 1967, validada por Yoshitake (1971), que fornece graus de fadiga e os tipos de sintomas apresentados pelo indivíduo fatigado.

A escala de Fadiga de Yoshitake, é composta por 30 questões subdivididas em três seções. A primeira, A, refere-se à falta de disposição para o trabalho e à sonolência correlacionada; A segunda, B, avalia as dificuldades de atenção e concentração; a terceira, C, refere-se às projeções da fadiga sobre o corpo, disfunção do sistema nervoso, fatores psicossomáticos. A resposta para cada uma das 30 questões pode variar de 1 a 5 pontos, sendo 1 ausência de queixa para o item avaliado e, de 2 a 5, presença de queixa. O escore total pode resultar em 30 pontos (valor mínimo),

significando ausência de fadiga, ou presença de fadiga em algum grau, quando dá resultados compreendidos entre 31-150 pontos (150 é o valor máximo).

Portanto, nesse estudo, os resultados foram dicotomizados entre não-fatigado e fatigado sendo que, para os casos com presença de queixa de fadiga, foi feita uma subdivisão em graus de severidade baseada na intensidade da queixa.

Detalhando melhor a possibilidade de respostas para essa escala e a subdivisão em graus proposta neste estudo, as marcações variam entre “nunca”, que gera 1 ponto e significa ausência do fator fadiga para aquele item avaliado; “raramente”, gera 2 pontos – representando fadiga leve; “às vezes”, gera 3 pontos – fadiga moderada; “muitas vezes”, gera 4 pontos – fadiga grave; “sempre”, gera 5 pontos – fadiga extrema. Os escores totais em graus são: 30 – ausente; 31 a 60 – leve; 61 a 90 – moderada; 91 a 120 – grave; 121 a 150 – extrema.

Metzner e Fischer (2001) utilizaram a versão simplificada da escala de Yoshitake e adaptada para o Português brasileiro, sendo essa a versão utilizada neste estudo. Salienta-se que esta versão foi validada por Celestino (2017).

Para a utilização da escala de Fadiga de Samn-Perelli (EFSP) neste estudo, foi necessária a adaptação transcultural para o Português Brasileiro, pois isso ainda não havia sido realizado até o momento da nossa aplicação. Tal procedimento foi desenvolvido de acordo com as 6 etapas descritas na Figura 7 a seguir (CASSIANO, 2017).

A EFSP traz informações de como as horas de voo contribuem para o grau de fadiga média dos pilotos. Nesta escala, quanto maior a pontuação, maior será a sensação de fadiga do participante. Ela varia de 1 ponto (totalmente alerta, bem desperto, totalmente disposto) a 7 (completamente exausto, incapaz de trabalhar efetivamente). O autor sugere a relação entre os níveis apontados na escala e a capacidade operacional do piloto. Desse modo, ele subdivide a escala em 4 níveis sendo: pontuação de 1 a 3, níveis satisfatórios de alerta, sem comprometimento do desempenho devido à fadiga; pontuação 4, significa fadiga leve. Possível comprometimento do desempenho, mas não significativo; pontuação 5 e 6, significa fadiga moderada a grave, com comprometimento no desempenho e serviço

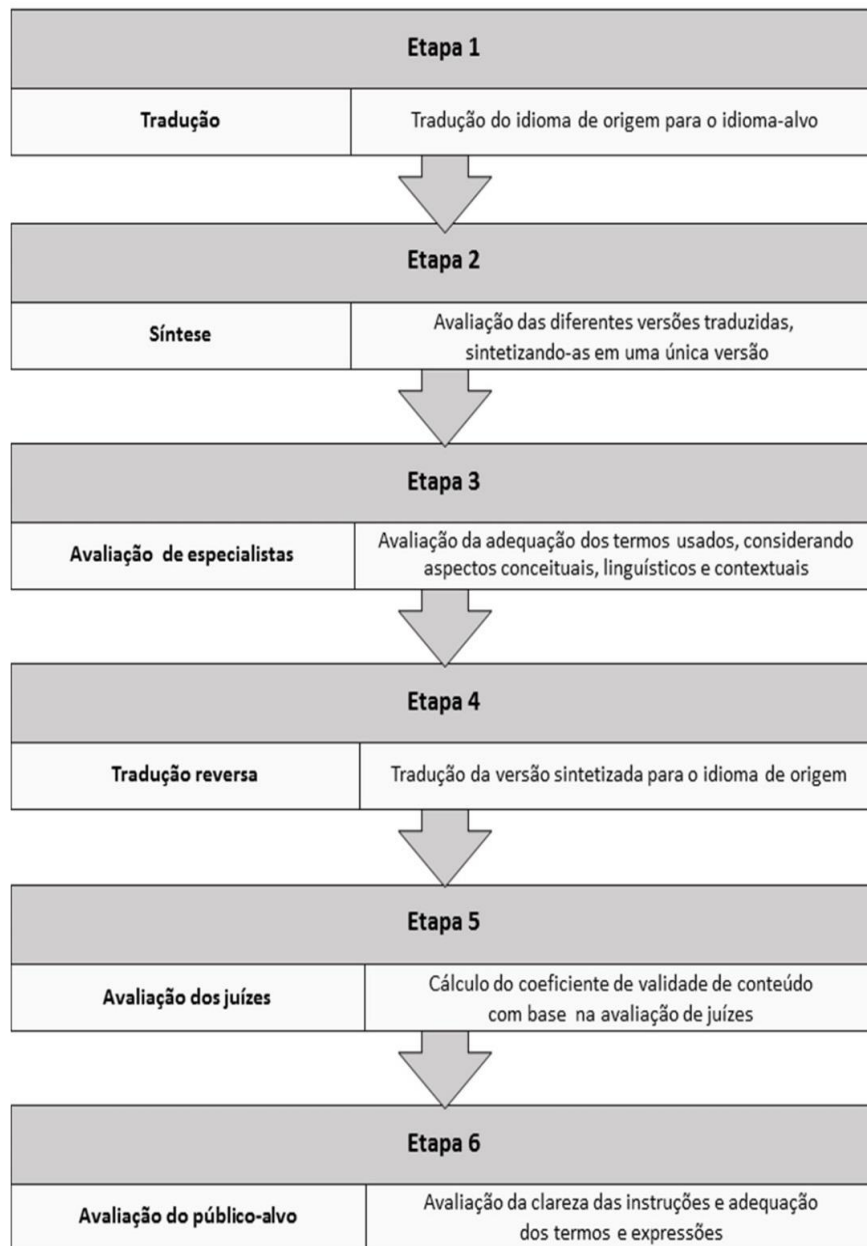
permitido, mas não recomendado; pontuação 7, significa fadiga severa, com desempenho definitivamente prejudicado, serviço de voo não recomendado e segurança de voo em risco.

Ressaltamos que todas as escalas utilizadas foram dispostas no formato likert para que os participantes pudessem realizar a avaliação tanto na forma eletrônica (*site*) quanto via questionário impresso.

Todas as escalas e o questionário do FAST estão no anexo D deste estudo. Nesse anexo as escalas não estão no formato likert somente para facilitar a disposição no texto.

O modelo biomatemático FAST utiliza as informações das 3 últimas oportunidades de sono dos indivíduos avaliados para realizar o cálculo de predição do grau de fadiga e sonolência. Esse *software* foi desenvolvido pelo Dr. Steve Hursh em parceria com a Força Aérea dos Estados Unidos da América em 2001. Embora os dados para o cálculo do FAST tenham sido coletados, por razões de viabilidade de tempo, não foram possíveis suas análises. Temos como sugestão e proposta a utilização desses dados em pesquisas posteriores após aprovação do proprietário do *software* para nossa utilização. Salientamos que a versão do questionário aplicado foi a adaptada por Licati et al. (2015).

Na Figura 7 a seguir está apresentado o processo de adaptação da EFSP para a língua portuguesa.

Figura 7 - Etapas do processo de adaptação da EFSP para a língua portuguesa

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob os números: CAAE - 52722515.3.0000.5149 e PARECER - 1.461.852 em 22 de março de 2016.

3.1 - INFORMANTES

Os informantes do subestudo 1 foram constituídos por um total de 12 sujeitos, sendo 6 pilotos de aeronaves e 6 indivíduos de grupo controle. Todos eram também falantes do Português Brasileiro e neurologicamente saudáveis.

Para os subestudos 2, 3 e 4, os dados foram fornecidos pelo CENIPA para avaliação pericial retrospectiva.

Os informantes do subestudo 5 desta pesquisa foram constituídos por um total de 10 pilotos de aeronaves, todos falantes do Português Brasileiro e neurologicamente saudáveis.

Todos os participantes dos subestudos 1 e 5 referidos foram esclarecidos que fariam parte de uma pesquisa científica e que deveriam assinar o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da UFMG.

3.2 - CORPUS

Para os participantes do subestudo 1, foram aplicados testes de leitura, emissão de vogais sustentadas e contagem automática de 1 a 20 em 3 coletas distintas.

Para os subestudos 2, 3 e 4 deste estudo, foram coletadas situações reais de comunicação. Os arquivos foram recuperados de caixas pretas das aeronaves ou das comunicações dos pilotos com os controladores de tráfego aéreo.

Para os informantes do subestudo 5, foram aplicados testes de leitura, a gravação de relato livre, 4 escalas psicométricas autorreferentes de fadiga e sonolência e 1 modelo biomatemático de predição de fadiga e sonolência em 4 coletas distintas.

3.3 - COLETA DE DADOS

Os dados do subestudo 1 foram gravados no início, meio e fim do dia de trabalho dos pilotos e como *baseline* - amostra padrão - foi realizada uma coleta com participantes sem queixa de fadiga (dados coletados de forma única). Salienta-se que o próprio informante realizou as gravações por meio do gravador nativo do seu celular mantendo uma distância de, aproximadamente, 10 centímetros da boca sendo que informaram aos pesquisadores a marca e modelo do aparelho utilizado. Buscava-se, nessa fase inicial de estudo piloto, elencar medidas robustas mesmo diante de baixa relação sinal/ruído.

Para os subestudos 2, 3 e 4, os dados foram recuperados do banco de dados do LabData (Laboratório de Análise de Dados) do CENIPA, foram feitas comparações das amostras de fala nos dias dos acidentes ou incidentes e em dias anteriores e comparados, também aos escores de índice de fadiga e sonolência apontados pelos laudos da equipe de psicólogos peritos do CENIPA.

Os dados para o subestudo 5 foram gravados na sequência: 1, 8 e 16 horas após o piloto ter acordado e em dia que estivesse se sentindo cansado/fatigado/sonolento ou que tivesse previsão de uma escala extenuante de trabalho. Como *baseline* - amostra padrão - foi realizada uma coleta também no dia de descanso dos informantes no qual eles estavam sem queixa de sonolência, fadiga, cansaço. Salienta-se que, da mesma forma como no subestudo 1, o próprio informante realizou as gravações por meio do gravador nativo do seu celular mantendo uma distância de, aproximadamente, 10 centímetros da boca, mas em ambiente silencioso sendo que informaram aos pesquisadores a marca e modelo do aparelho utilizado. As medidas extraídas dos arquivos de áudio como, por exemplo, as da organização temporal do discurso, eram robustas mesmo em presença de ruído. Optou-se por realizar medições que pudessem ser replicadas também em situações reais de comunicação dos aviadores, tendo em vista que foco do estudo é a verificação de um método detecção da fadiga e sonolência que possa ser aplicado na prática.

3.4 - ANÁLISE

Os dados dos 5 subestudos foram analisados acusticamente por meio do software livre PRAAT[®] versão 5.3.85 e, para os subestudos 1, 2 e 5, as medidas foram enviadas para uma tabela do programa Excel versão 2013 elaborada especificamente para facilitar os cálculos estatísticos dos dados posteriormente. Para os subestudos 3 e 4 realizou-se análise descritiva dos dados.

Além dessas análises, foi realizada uma avaliação complementar qualitativa dos parâmetros de voz, fala e linguagem de acordo com o que é estabelecido na literatura científica. Após a sequência de gravação, todos os dados foram transferidos em arquivos digitais individualizados por informante em formato .wav para que fosse possível se proceder às análises.

➤ **Roteiro das medidas que foram extraídas dos arquivos de áudio (atributos mensuráveis de voz, fala e linguagem que foram aqui utilizados)**

Elaboramos este roteiro considerando medidas usadas em outros estudos como os de Brenner et al. (1991), Brenner et al. (1994), Brenner et al. (2003), Crystal (1966), Crystal (1969), Greeley et al. (2007), Greeley et al. (2013), Krajewski et al. (2009), Krajewski et al. (2010), Nascimento (2008), Reis et al. (2007), Teixeira (2008), Valente (2003) e também propusemos novas medidas que são de fácil aplicação e adequadas ao tipo de problema abordado.

Foram essas novas medidas propostas neste estudo: a taxa total de pausas (ou frequência das pausas); taxa de pausas fluentes; taxa de pausas difluentes; taxa de pausas silenciosas disfluentes; taxa da pausas preenchidas disfluentes; taxa de pausas silenciosas (fluentes e disfluentes).

Compilamos, a seguir, as medidas usadas (as novas que citamos anteriormente e as retiradas dos autores supramencionados) para facilitar a compreensão do leitor.

- I. Organização temporal da fala: tempo total de elocução (duração total do arquivo de áudio); tempo total de articulação (duração das sílabas fluentes

ou tempo total de elocução menos o tempo total de pausas); tempo total de pausas (pausas silenciosas fluentes e disfluentes e pausas preenchidas); tempo total de pausas fluentes (são as pausas silenciosas respiratórias ou as usadas adequadamente no contexto como as que ocorrem diante de pontuação na leitura); tempo total de fluência (tempo total de articulação mais o tempo de pausas silenciosas fluentes); tempo total de disfluência (tempo de pausas silenciosas disfluentes mais o tempo de pausas preenchidas); tempo total de sílabas disfluentes (pausas preenchidas. Obs.: nas sílabas disfluentes ou pausas preenchidas não entram somente as sílabas com produção alterada ou repetidas, mas também as hesitações, emissões vocais que não necessariamente configuram sílaba no Português Brasileiro. Como exemplo o esboço de consoantes isoladas, seguido ou não de autocorreção); taxa de elocução (número de sílabas fluentes pelo tempo total de elocução); taxa de articulação (número de sílabas fluentes pelo tempo total de articulação); duração média das pausas (tempo total de pausas pelo número de pausas); número total de pausas (número de pausas silenciosas fluentes e disfluentes e pausas preenchidas); número de pausas fluentes (as silenciosas fluentes); número de sílabas fluentes (as adequadamente articuladas e sem repetição); número de sílabas disfluentes (pausas preenchidas); número de disfluências ou hesitações (pausas silenciosas disfluentes e as preenchidas); taxa total de pausas ou frequência das pausas (número total de pausas pelo tempo total de pausas); taxa de pausas fluentes (número de pausas fluentes pelo tempo de pausas fluentes); taxa de pausas disfluentes (número de pausas disfluentes pelo tempo de pausas disfluentes); taxa de pausas silenciosas disfluentes (número de pausas silenciosas disfluentes pelo tempo de pausas silenciosas disfluentes); taxa de pausas preenchidas (número de pausas preenchidas pelo tempo de sílabas disfluentes); taxa de pausas silenciosas – fluentes e disfluentes (número de pausas silenciosas fluentes e disfluentes pelo tempo de pausas silenciosas); porcentagem de disfluências (número de sílabas fluentes pelo número de disfluências multiplicados por cem); medida do tempo para responder ao ATC (*Air*

Traffic Controllers); medida do tempo gasto entre o acionamento do microfone e o falar; tempo gasto para realizar perguntas e respostas.

- II. Medidas ao nível segmental - segmentos: distorção de fonemas; erros articulatórios; trocas articulatórias; repetições; autocorreções; epênteses; omissões. Essas medidas entram na contagem de sílabas disfluentes citadas anteriormente.
- III. Atos comunicativos – nível paralinguístico: variações na qualidade vocal; hesitações (essas também fazem parte do item de organização temporal).
- IV. Atos comunicativos – nível não-linguístico: bocejo; inspirações prolongadas, frequentes, ruidosas e pouco efetivas; “*Timing*” respiratório inadequado; incoordenação pneumofonoarticulatória. Esses atos também acabam por comprometer a organização temporal do discurso.
- V. Medidas da competência comunicativa – nível de atenção: coerência entre perguntas e respostas; autocorreções de respostas errôneas; repasse de informações equivocadas para o ATC acompanhadas de percepção e autocorreção ou não; confusão de comandos recebidos e execução; perguntas repetitivas (estas também são medidas da organização temporal do discurso).

Esclarecemos que existem diversas outras medidas possíveis de serem extraídas da fala e da emissão vocal, mas que devido à qualidade do material aqui coletado, optamos por não extraí-las. Deixaremos a seguir a título de informação para outros pesquisadores que se interessem pelo tema:

- I. Atos comunicativos - nível prosódico: frequência fundamental e suas taxas de variações, como amplitude melódica e taxa de velocidade de variação melódica; intensidade; entonação;
- II. Medidas da energia do espectro;
- III. Medidas dos formantes;
- IV. Medidas automáticas obtidas por meio da modelagem dos Coeficientes Cepstrais ou Mel Cepstrais

3.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

As informações extraídas da análise acústica, bem como as extraídas das escalas psicométricas autorreferentes dos dados foram tabuladas no *software* Excel 2013 e, posteriormente, submetidas à análise estatística por meio dos *softwares* MINITAB versão 16, Action Stat versão 3.1, R versão 3.1.1 e PAST 326b. A análise estatística objetivou a comparação entre os grupos em estudo (pesquisa e controle, quando era o caso) e comparações intrasujeitos (medidas pareadas e repetidas no tempo).

Os procedimentos adotados foram os seguintes:

- Comparação da mesma medida acústica no grupo pesquisa ao longo do dia de trabalho para o estudo piloto – subestudo 1.

Para avaliação da dinâmica longitudinal das respostas foi ajustado um modelo misto. Tal modelo é adequado em situações em que são tomadas medidas repetidas nos mesmos indivíduos. Também foram aplicados testes t de *Student* pareados para comparações entre os pares de turnos. O nível de significância adotado foi de 5%.

- Comparação da mesma medida acústica entre o grupo estudado com o padrão de normalidade, grupo controle – *baseline* – subestudo 1.

O teste utilizado para proceder às comparações descritas acima foi o teste de hipótese para diferença entre as médias (teste t de *Student*), sendo também adotado o nível de significância de 5%. Também forneceremos maiores explicações para este subestudo no subitem reservado para a apresentação e discussão dos achados desse.

- Comparação da mesma medida acústica (variável) entre os grupos (dia anterior ao acidente e dia do acidente) para o estudo de situação real envolvendo suspeita de fadiga – subestudo 2.

Optamos também por fornecer maiores explicações sobre os testes estatísticos utilizados no subestudo 2 no subitem relativo a esse subestudo.

- Comparação da mesma medida (variável) entre os grupos (dia de folga - F0 e as 3 coletas no dia de trabalho – T1, T2 e T3) para o subestudo 5 – de coorte prospectivo.

Maiores detalhamentos de cada teste estatístico utilizado para o subestudo 5 serão fornecidos no subitem relativo a esse subestudo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados dos cinco subestudos da tese obtidos após a análise acústica dos arquivos de áudio, a análise perceptivo-auditiva, a comparação com as escalas psicométricas de mensuração da fadiga e da sonolência, quando for o caso, e a aplicação dos testes estatísticos mencionados no capítulo 3.

Os resultados serão apresentados e discutidos na mesma ordem em que foram descritos no capítulo de material e métodos. Dessa forma, serão demonstrados, primeiramente, os resultados relativos ao estudo piloto que foi o primeiro norteador dessa pesquisa, em seguida os referentes a cada um dos três estudos de caso (2 de acidentes e 1 de incidente aeronáutico) e, por último, o estudo longitudinal.

4.1 – Subestudo 1 – Comparação entre as variações de voz, fala e linguagem de aviadores examinados em dia de trabalho com grupo controle – estudo piloto

Anteriormente à coleta de dados para a pesquisa e a todos os estudos de caso, realizou-se um estudo piloto com a finalidade de se verificar se indivíduos com queixa de fadiga e sonolência apresentavam variação dos parâmetros de voz, fala e linguagem ao longo do dia de trabalho, em relação ao padrão de normalidade descrito na literatura científica e a um grupo controle (indivíduos sem queixa). A partir disso, foi possível elencar possíveis itens de análise, a viabilidade dos aspectos metodológicos pensados anteriormente e, também, estabelecer direcionamentos mais adequados para a aplicação mais aprofundada deste estudo.

Participaram do estudo piloto, 6 indivíduos do sexo masculino, falantes nativos do Português Brasileiro, sem queixas de alterações de fala, dificuldades de leitura ou alterações neurológicas. Todos os participantes eram pilotos da aviação civil brasileira, estavam trabalhando no turno noturno e com queixa de fadiga ou sonolência.

Foi solicitado, para tanto, que os informantes fizessem gravações de fala semi-espontânea (relato livre), emissão de vogais sustentadas, contagem automática (de 1 a 20) e leitura de um texto balanceado foneticamente no início, meio e fim do turno de trabalho seguindo a mesma metodologia de coleta e análise dos estudos sobre

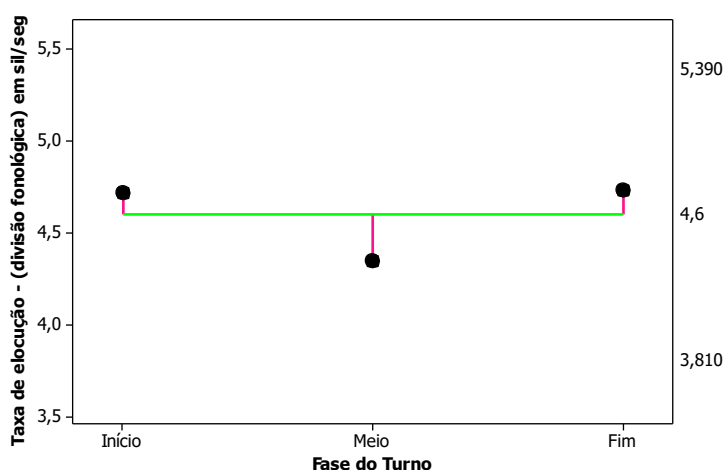
organização temporal do discurso do LabFon (Laboratório de Fonética) da Faculdade de Letras da UFMG.

Como Grupo Controle/*baseline*, utilizamos os resultados obtidos com informantes do LabFon para pesquisas dos padrões de normalidade da organização temporal do discurso. Isso para procedermos à comparação entre grupos, Estudo x Controle.

4.1.1 - RESULTADOS PRELIMINARES - comparação individual dos achados

A seguir apresentaremos a análise descritiva do Tempo de Elocução (divisão fonológica) em síl/seg da Leitura. Para os 06 indivíduos do estudo piloto.

Gráfico 1 - Valores médios da Taxa de Elocução (divisão fonológica) para os três turnos de trabalho dos 6 pilotos



Faremos a apresentação dos modelos e comparações a seguir. A Tabela 1 apresenta resumo do ajuste de um modelo misto, com o intercepto aleatório. Isso significa, na prática, que o efeito médio de turno é o mesmo para os indivíduos, mas cada indivíduo apresenta um valor inicial de TE da Leitura diferente. Assim, a correlação das medidas repetidas é levada em conta na análise.

O turno inicial é tido como referência e os valores da segunda e terceira linha correspondem ao ganho da resposta com relação ao turno inicial. Na segunda coluna, temos o erro padrão da estimativa, cujo valor é função do tamanho amostral.

Assim, quanto mais indivíduos houver na amostra, menor é o erro padrão, menor a incerteza sobre o efeito estimado e, conseqüentemente, menor o valor p da comparação.

Para a TE da Leitura, por exemplo, a estimativa para o turno inicial é de 81,93; para o turno do meio do dia é acrescida de 5,55 ($81,93 + 5,55 = 87,48$) e para o turno final é subtraída 1,40 ($81,93 - 1,40 = 80,53$). Nenhum parâmetro foi significativo, ou seja, o modelo aponta que o turno do meio não é estatisticamente diferente do turno inicial ($p = 0,432$), e o turno final não é diferente do turno inicial ($p = 0,841$).

Tabela 1 - Ajuste de Modelo Misto

Duração da Leitura			
	Estimativa	EP	Valor p
Intercepto	81,93	7,55	0,000
Turno=Meio	5,55	6,78	0,432
Turno=Fim	-1,40	6,78	0,841

Por fim, na Tabela 2, temos as comparações dos turnos aos pares. O teste t de *Student* para dados pareados apresenta conclusões bastante similares ao modelo misto anterior, ou seja, para nenhuma das comparações foi encontrada significância estatística.

Tabela 2 - Comparações Duas a Duas entre os Turnos

Duração da Leitura		
	Diferença	Valor p
Meio-Início	-5,55	0,125
Fim-Início	1,40	0,861
Fim-Meio	6,94	0,450

4.1.2 - RESULTADOS PRELIMINARES - comparação dos achados no grupo estudado com o *baseline*/controle

Quadro 1 - Medidas da Taxa de Elocução para leitura dos informantes estudados

PILOTO	Taxa de elocução (seg ⁻¹)		
	Início	Meio	Fim
P1	4.4	4.4	3.6
P2	3.1	2.9	4.4
P3	5.5	5.2	5.8
P4	4.9	4.2	4.2
P5	4.5	4.7	4.4
P6	5.9	4.7	6
Média	4.72	4.35	4.73
Desvio padrão	0.90	0.72	0.87

Figura 8 - Legenda das medidas estatísticas

α : erro tipo I β : erro tipo II P: Potência

Quadro 2 - Comparação estatística para a Taxa de Elocução na leitura entre o grupo estudado e o controle

Comparação da Taxa de Elocução (divisão fonológica) em síl/seg	
Início (4.72±0.90)	$\alpha = 0.01,$ $P = 0.98,$ $\beta = 0.02$
Meio (4.35±0.72)	$\alpha = 0.01,$ $P = 1,$ $\beta = 0$
Fim (4.73±0.87)	$\alpha = 0.01,$ $P = 0.98,$ $\beta = 0.02$

Por meio dos resultados apresentados no Quadro 2 pudemos constatar que a diferença entre o grupo estudado e o controle foi estatisticamente significativa para todos os períodos de trabalho analisados.

Na análise perceptivo-auditiva, percebemos variação da qualidade vocal do grupo estudado ao longo do dia de trabalho com voz tendendo a rouco-soprosa e presença de erros de linguagem automática.

Salientamos ainda que os resultados deste primeiro estudo piloto foram comparados ao FAST e apresentaram correspondência entre a predição de fadiga dada pelo FAST e alterações da organização temporal do discurso e análise perceptivo-auditivo de voz, fala e linguagem. Isso nos sugere que os informantes pilotos poderiam ter iniciado o turno de trabalho fatigados ou sonolentos.

Ressaltamos que todos estavam trabalhando no turno noturno e que o objetivo deste estudo piloto era o de verificar se indivíduos com queixa de sonolência ou fadiga apresentavam alteração em algum parâmetro de voz, fala ou linguagem. Esses achados também parecem nos esclarecer sobre o motivo de não termos encontrado diferença estatística no grupo de estudo ao longo do dia de trabalho (resultados individuais apresentados no subitem anterior). Ou seja, as respostas se mantiveram constantes ao longo do dia de trabalho, mas os informantes já começaram seus turnos laborais com respostas neuromotoras abaixo do valor padrão tanto para os resultados do FAST quanto para os testes de fala.

Embora tenhamos encontrados resultados significativos estatisticamente para a metodologia aplicada, salientamos que a amostra coletada foi pequena (somente 6 informantes pilotos) e não realizamos, na época, um estudo mais aprofundado das medidas de fala aplicadas no subestudo 5 do nosso roteiro de análise. Estávamos buscando compreender o comportamento dos indivíduos sonolentos e fatigados para traçar métodos adequados. Portanto, este subestudo serviu como norteador para os demais.

Também não coletamos o *baseline* dos pilotos participantes (amostra de fala em dia em que estavam se sentindo descansados), mas sim utilizamos resultados dos valores médios e desvio padrão de informantes do LabFon (Grupo Controle) para o padrão de normalidade da TE, sendo que os resultados de amostras independentes para o caso em questão podem impactar na robustez/confiabilidade dos achados. Atualmente, entendemos que o mais adequado é a utilização de amostras dependentes, ou seja, o mesmo informante fornecerá os dados no dia em que estiver descansado e também no dia em que estiver com queixa de fadiga ou sonolência.

4.2 – Subestudo 2 – Comparação das variações de voz, fala e linguagem de aviador em dia de descanso e dia de acidente aéreo

A seguir serão demonstrados os resultados da análise dos parâmetros de voz, fala e linguagem de um piloto envolvido em um acidente aéreo e que apresentava indícios

de fadiga humana ou sonolência (resultado apontado pela equipe de Psicólogos Peritos dos CENIPA).

Inicialmente, serão apresentados os resultados do dia anterior ao acidente e logo depois os do dia do acidente aéreo.

4.2.1 - ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ

A seguir serão descritas algumas análises acústicas da voz. O objetivo é somente o de tentar demonstrar de forma objetiva as variações observadas em nossas análises perceptivo-auditivas. Para visualização das medidas perceptivo-auditivas da voz, consultar o Apêndice deste estudo.

Figura 9 - Exemplo da faixa de tessitura do falante no dia anterior ao acidente

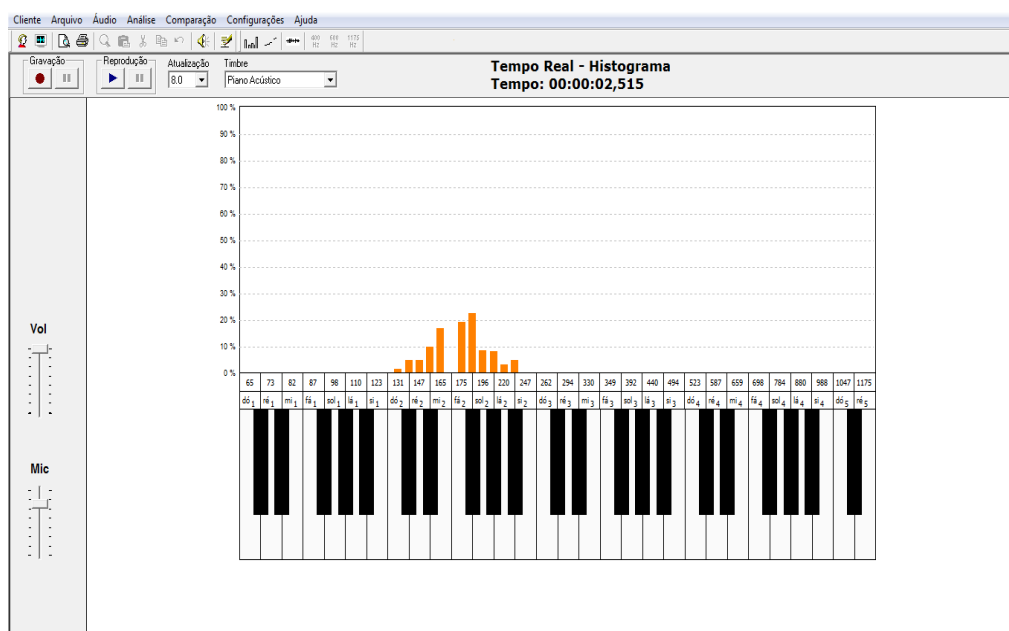


Figura 10 - Exemplo da faixa de tessitura do falante no dia do acidente

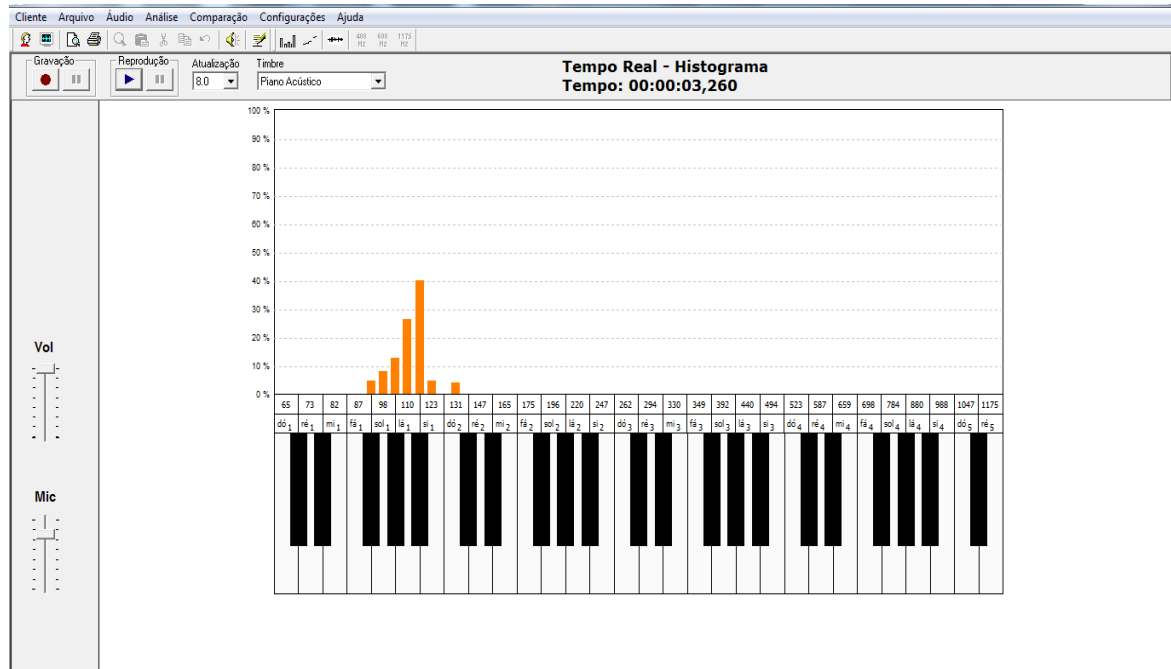


Figura 11 - Quadro comparativo e exemplificativo da diferença de tessitura encontrada entre o dia anterior ao acidente (verde) e o dia do acidente (laranja)

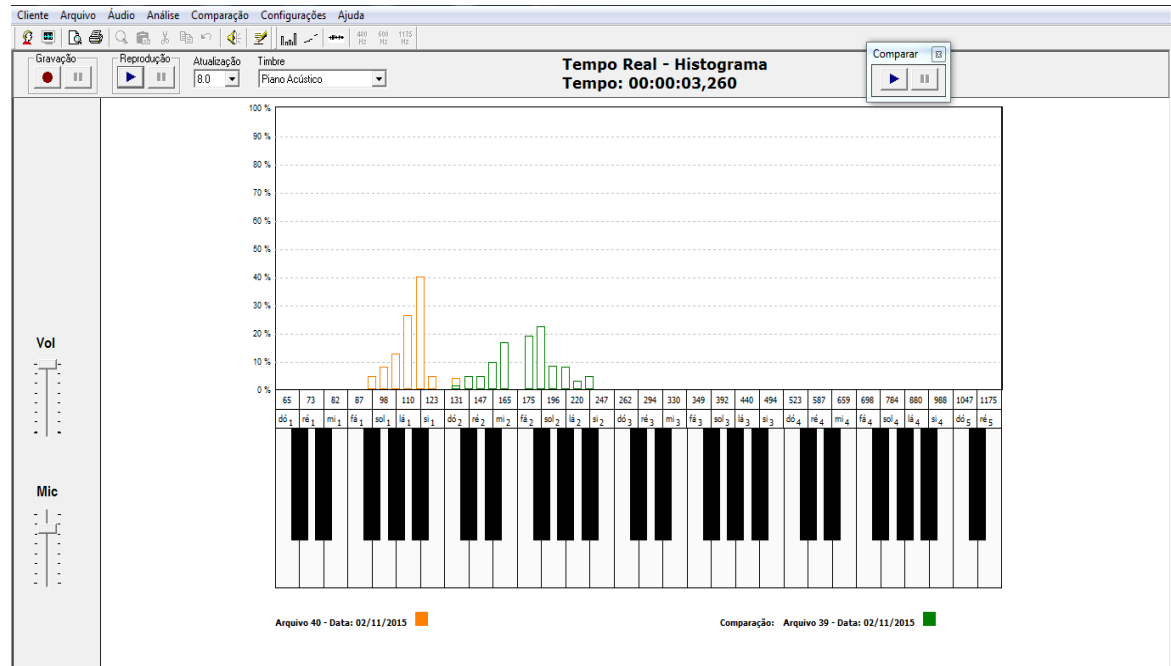
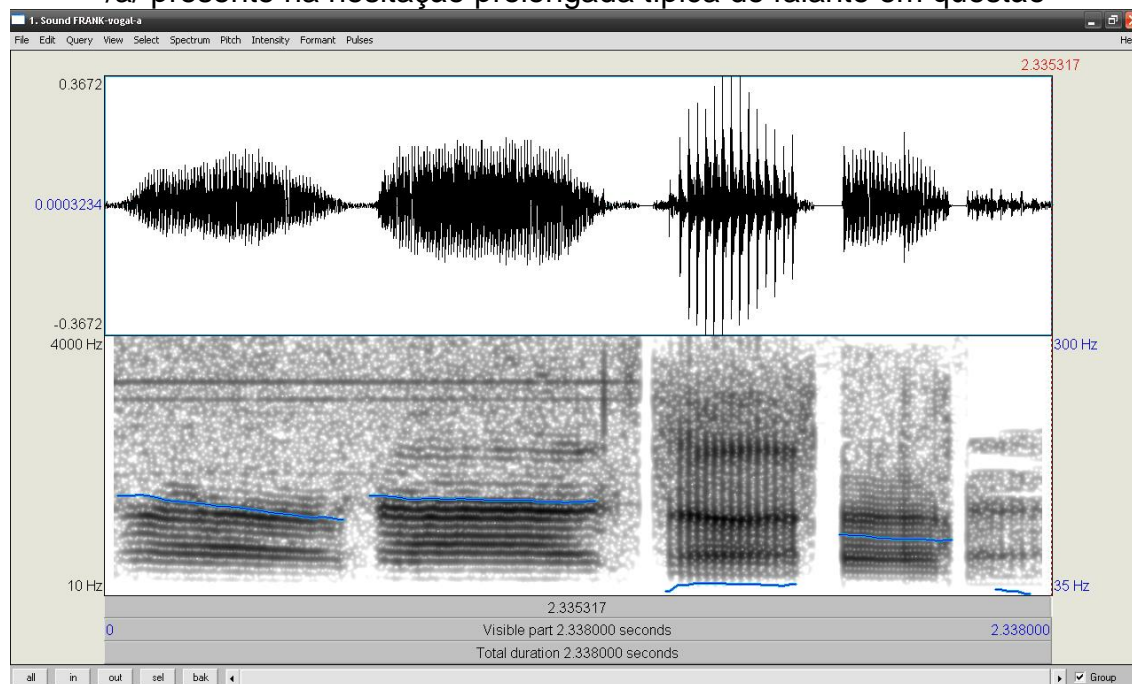


Figura 12 - Espectrograma exemplificativo da mudança de ajuste laríngeo na vogal /a/ presente na hesitação prolongada típica do falante em questão



Legenda:

- F_0 média do dia anterior ao acidente 130 Hz (duas primeiras vogais da imagem).
- F_0 média no momento em que estava taxiando 47 Hz (terceira vogal da imagem).
- F_0 média no meio do voo 93 Hz (quarta vogal da imagem).
- F_0 média no fim do voo - segundos antes do acidente - 39 Hz (quinta vogal).

Por meio da análise do espectrograma da Figura 12 mostrado acima, das Figuras 9, 10 e 11 de tessitura, também referidos anteriormente, e por meio de avaliações perceptivo-auditivas fica evidenciada a mudança no ajuste laríngeo e, conseqüentemente, do tipo de registro vocal utilizado pelo falante em análise. Favor comparar a faixa em verde do dia anterior ao acidente coma a faixa laranja do dia do acidente nas Figuras 9, 10 e 11 para análise e comparar também os valores de F_0 médio fornecidos pela Figura 12. Salientamos que as medidas de F_0 apresentadas na Figura 12 foram obtidas por meio de medição manual.

Verifica-se a presença de registro basal com emissão em vocal *fry* de forma frequente em emissões vocais do falante no dia do acidente sendo que no dia anterior tal fato não é observado. Ressalta-se que a intensidade no vocal *fry* é muito débil de acordo com Colton e Casper (1996) e Behlau (2001).

É importante considerar que quando os níveis de ruído de fundo são elevados, os falantes aumentam automaticamente a intensidade da voz, fato conhecido como Efeito *Lombard*. A intensidade da voz é primeiramente regulada pelo aumento da pressão subglótica. Quando ocorre aumento da intensidade vocal, geralmente, a frequência fundamental (F_0) também aumenta. Como consequência do aumento dos valores da intensidade e da frequência fundamental, há o declínio do vocal *fry*. (SÖDERSTEN et al., 2005). O Efeito *Lombard* é uma resposta vocal involuntária e é o resultado de um *feedback* entre o sistema da produção vocal e a percepção auditiva que permite a correção no desempenho do discurso, ou seja, uma melhora na relação fala/ruído para que o indivíduo consiga ouvir a si mesmo. Outro dado importante a ser considerado é o controle executivo. Esse se refere à capacidade de se regular os processos perceptuais e motores para o comportamento. Os seres humanos, por meio do controle executivo, são capazes de adequar quase qualquer resposta para quase qualquer estímulo recebido, mesmo quando não há nem conexões inatas nem adquiridas entre o estímulo e a resposta. Tais dados foram demonstrados nos estudos de Lombard (1911); Pearsons (1977); Linden et al. (2003); Södersten et al. (2005).

É importante ressaltar que o ruído de fundo para o falante analisado era considerável tanto no dia anterior ao acidente quanto no dia do acidente sendo perceptível nas análises dos arquivos de áudio.

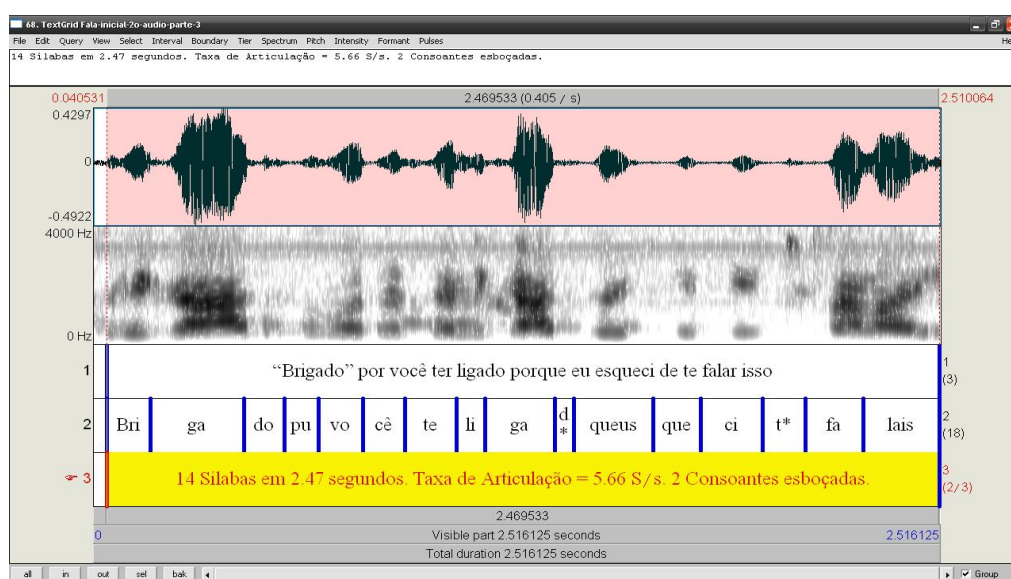
Considerando a resposta incompatível entre a emissão vocal do falante analisado nesse estudo e os achados da literatura científica - Efeito *Lombard* e Controle Executivo, é necessário considerar a possibilidade/hipótese de baixa atividade responsiva do falante para controle do *feedback* (produção vocal-percepção auditiva) no dia do acidente.

De acordo com Krajewski e Kroeger (2007) e Krajewski, et al. (2010), o uso do *feedback* proprioceptivo fica alterado em situações onde há fadiga humana de origem central.

4.2.2 - ANÁLISE ACÚSTICA DA FALA – organização temporal do discurso, incluindo medidas de pausas silenciosas e preenchidas

A seguir serão apresentados exemplos das análises acústicas da fala. Para visualização de todas as análises, favor consultar o Apêndice deste estudo.

Figura 13 - Exemplo de enunciado produzido pelo falante no dia anterior ao acidente (12/08/2014)



Quadro 3 - Tipologia das pausas do falante no dia anterior ao acidente. Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

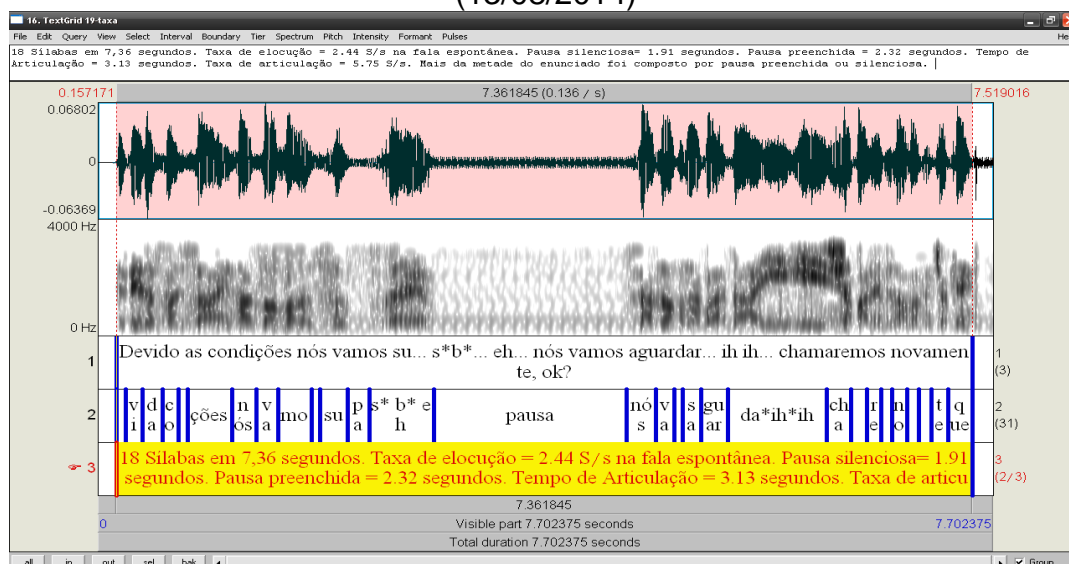
Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Quadro 4 - Porcentagem de rupturas na fala no dia anterior ao acidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

Por meio da análise acústica do enunciado, pudemos constatar que não houve pausa silenciosa nem preenchida, houve omissão de 2 vogais, ênfase adequada e duração adequada das sílabas produzidas pelo falante.

Figura 14 - Exemplo de enunciado produzido pelo falante no dia do acidente (13/08/2014)



Quadro 5 - Tipologia das pausas do falante no dia do acidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

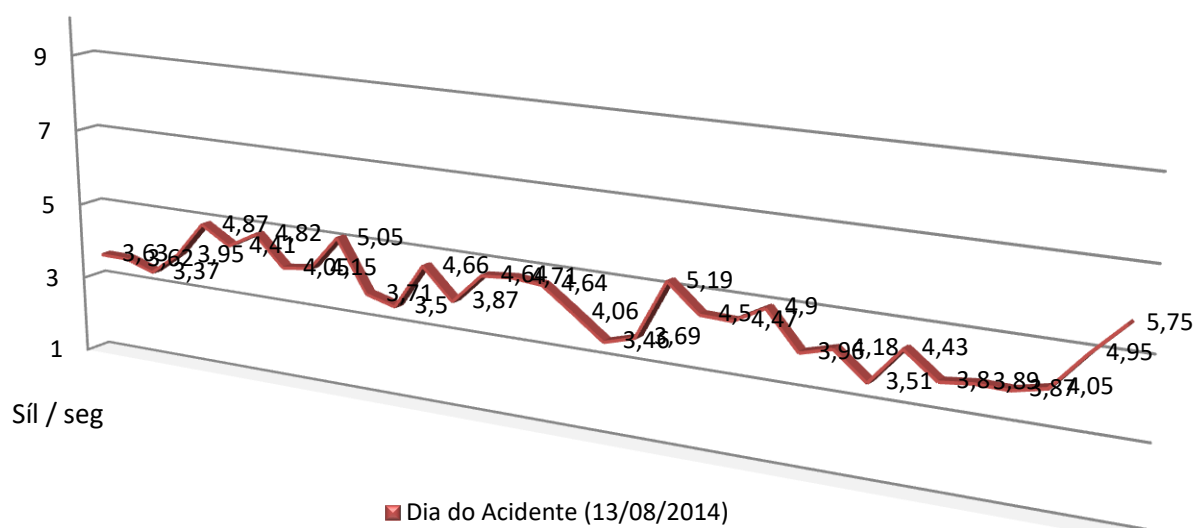
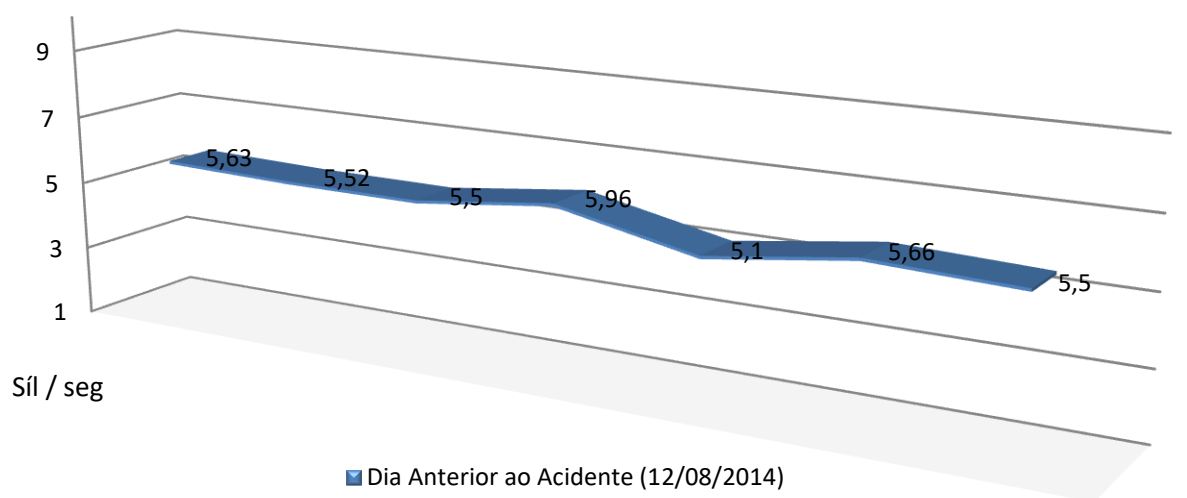
Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	10	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	10	Total	0

Quadro 6 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do acidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
55%	0%

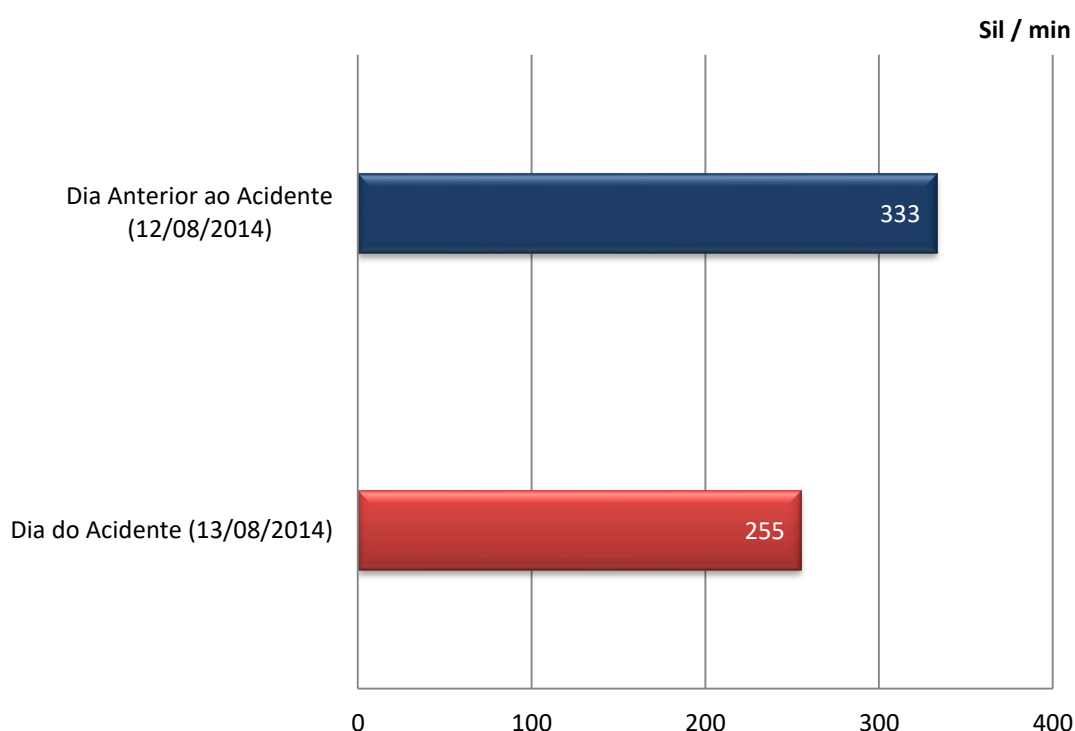
Por meio da análise acústica do enunciado, pudemos constatar que houve o esboço de três consoantes e omissão de uma vogal; três pausas silenciosas hesitativas e seis preenchidas mais da metade do enunciado foi composto por pausa preenchida e silenciosa. A seguir serão apresentados os gráficos que resumem os achados para a organização temporal do discurso.

Gráfico 2 - Variações ao longo do tempo da taxa de articulação na fala espontânea



Os valores absolutos da taxa de articulação estão reduzidos no dia do acidente e com variações constantes evidenciando instabilidade na fala, fatos que sugerem alteração no controle motor e na organização temporal do discurso para o dia do acidente.

Gráfico 3 - Comparação da taxa de articulação média em minutos.



Ao analisar as tabelas com o resumo dos resultados para as medidas de organização temporal da fala, constata-se uma diminuição da taxa de articulação no dia do acidente em comparação com o padrão apresentado pelo falante no dia anterior ao acidente (12/08) e em comparação com o valor médio para fala espontânea no sexo masculino – variação dialetal de Minas Gerais - que é em média de 5,80 síl/seg (ou, fazendo-se a transformação no cálculo - 348 Sí/lin), de acordo com os achados de Valente (2003).

Verificam-se, também, valores abaixo dos padrões de normalidade para as taxas de elocução absolutas em 11 situações da fala espontânea no dia do acidente.

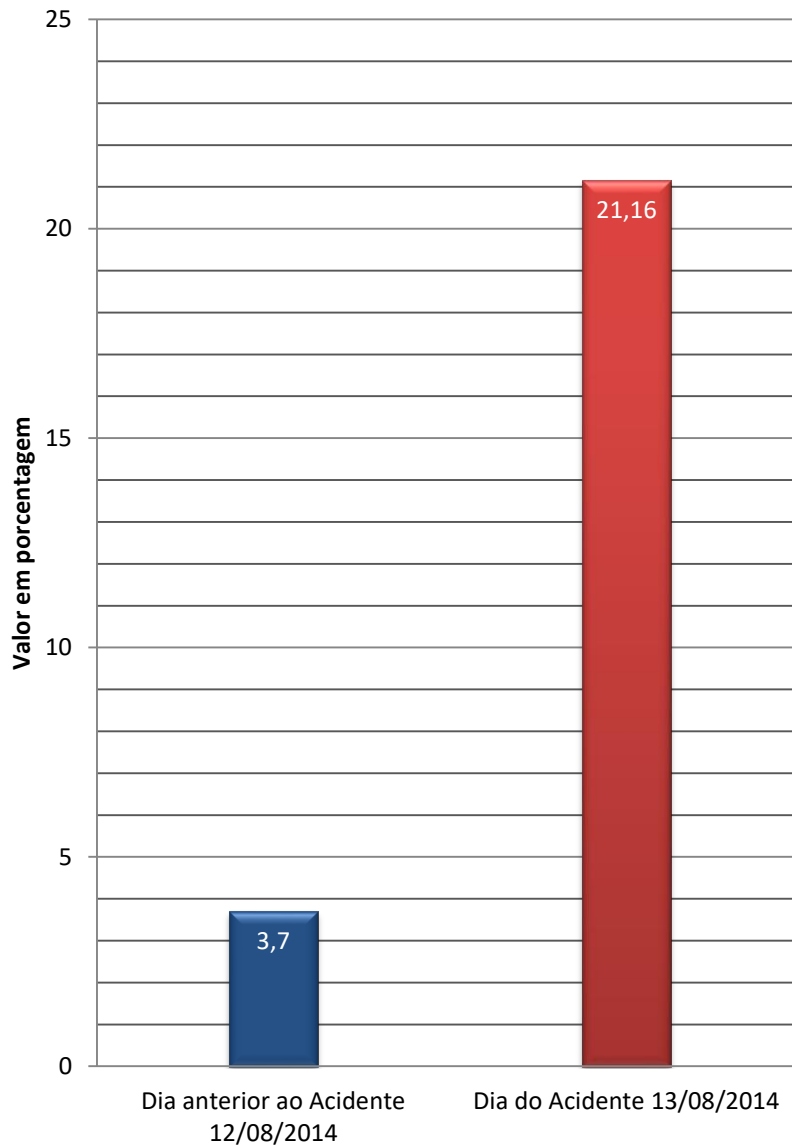
O falante apresentou, ainda, distorções de fonemas, pausas interrompendo a função sintática da prosódia e, sobretudo, erro de linguagem automática. Fato que pode ser observado no espectrograma 16 (ver Apêndice) em que o falante erra o nome da própria aeronave quando entra em contato com a Rádio Santos. Ressalta-se que a linguagem automática é a que temos profundamente memorizada não sendo, portanto, comum/esperado erros em sua expressão. Dificuldade no fluxo de fala representa dificuldade no acesso lexical e relaciona-se à memória e planejamento do discurso, plano cognitivo e neuromotor e, de acordo com Krajewski e Kroeger (2007) e Krajewski, et al. (2010) aparecem como sinal de alterações advindas fadiga central.

Da data anterior ao acidente (12/08/2014) não foi possível aproveitar o trecho em que o falante dita dados para plano de voo, exceto para qualidade vocal e análise qualitativa da fluência, pois tal situação modifica a organização temporal da fala e não por questões do falante, mas sim pelas pausas necessárias para a escrita do interlocutor.

De acordo com Vogel et al. (2010), as alterações na organização temporal do discurso que tornam a fala mais lenta são provocadas pelo estado de fadiga central. Essas mudanças ocorrem na fadiga, pois nessa situação há alterações nos padrões de contração muscular e nos comandos neurológicos para a fala.

Segundo os estudos de Jackson e Earl (2006) a prevalência de fadiga entre a população de trabalhadores que atuam como pilotos é elevada. Em seu estudo, encontrou um índice de prevalência de 75% de fadiga crônica entre os pilotos.

A seguir será apresentada a tabela que resume os achados para a disfluência de fala. Ressalta-se que foram calculados os valores médios. Salienta-se que em alguns trechos o nível de disfluência atingiu índices muito elevados chegando a quase 50% de descontinuidade na fala.

Gráfico 4 - Porcentagem total de descontinuidade da fala

Ao analisarmos os achados para as taxas de fluência, observa-se aumento da taxa de disfluência do falante no dia do acidente em comparação com o dia anterior (12/08). O falante não apresenta características de disfluência atípica e que, inclusive, os valores para o dia anterior ao acidente encontram-se dentro da faixa de normalidade descrita na literatura científica que é, em média, de 8,4% para a fala espontânea de acordo com Pinto (2013) e 10% de acordo com Jakubovicz (2009).

Verifica-se, ainda, que o valor encontrado para o dia do acidente encontra-se acima do padrão de normalidade que, como citado, é de até 10%. De acordo com Merlo (2012), o aumento da disfluência possui correlação com quadros de sonolência, ou seja, quando o indivíduo passa por alterações como privação do sono apresenta-se com maior disfluência na fala.

Relacionando-se tais achados para a fala com os achados de voz, verificamos variações nos dois componentes para o sujeito analisado no dia do acidente.

É importante ressaltar que a qualidade vocal varia de acordo com a situação e o contexto e, portanto, o sujeito pode apresentar mais de um tipo de voz.

Considerando a hipótese da sonolência para as alterações encontradas neste estudo, podemos trazer à luz achados de outros autores que pesquisam o tema. É sabido, por exemplo, que o organismo humano precisa, em média, de oito horas de sono por noite para recuperar as energias e que uma noite mal dormida pode acarretar no indivíduo uma voz rouca, fraca e sopro pela manhã, Behlau e Pontes (1999).

Outro ponto importante é o grande gasto de energia que envolve o falar, porém, quando as pessoas conseguem manter boas condições de repouso e número de horas de sono suficientes, a voz é produzida da melhor maneira. A qualidade do sono reflete-se no dia seguinte quando alguém passa o dia mal-humorado, irritado, com fadiga e ritmo lento; tem aprendizagem difícil, atenção difusa e baixa concentração: isso se dá porque o indivíduo não teve um sono satisfatório de acordo com Ang (2003).

Os distúrbios do sono causam sonolência excessiva durante o dia, e uma noite em claro pode afetar o aspecto psicomotor, assim como diminuir a resistência ao estresse, Sagaspe et al. (2003).

Focando especificamente a questão do sono e sua relação com a voz, verificamos que poucos estudos investigam a relação direta entre eles. A literatura, entretanto, indica que uma boa noite de sono é fator fundamental para uma produção adequada da voz (GUIMARÃES; SILVA, 2007).

Na fala, as alterações mais evidentes durante a privação do sono são as relativas ao ritmo, ao tom e à clareza da fala, à variação na intensidade vocal, ao *pitch* e à articulação, (HARRISON; HORNE, 1997), assim como nas funções cognitivas. (KIM et al. 2001).

4.2.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DE ALGUNS DADOS

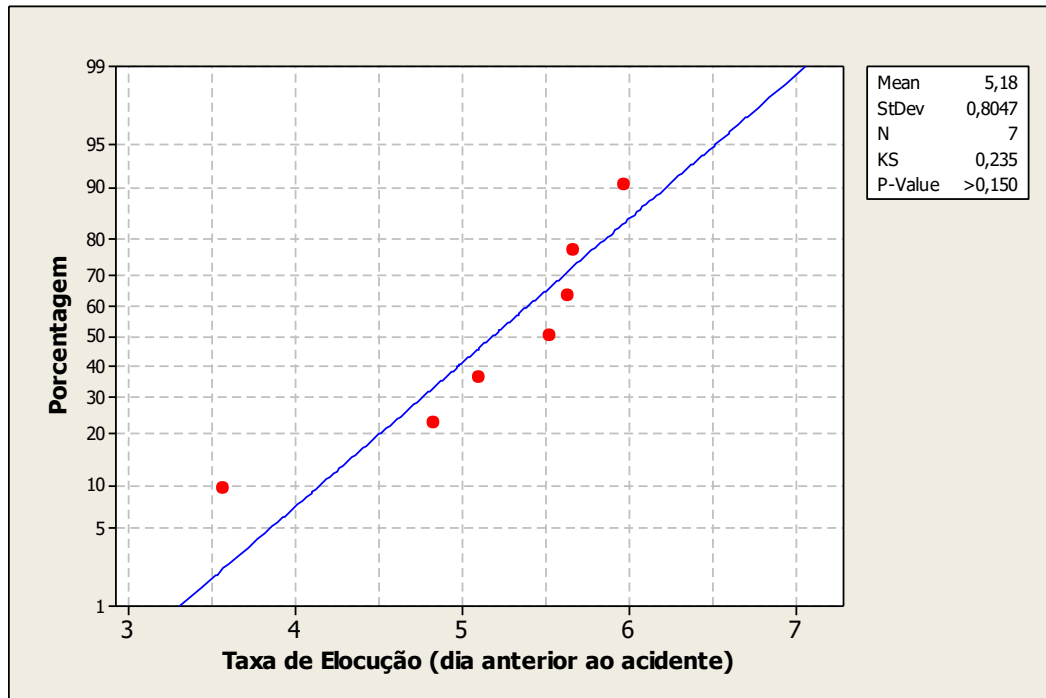
O teste utilizado para proceder a estas comparações foi o teste t de *Student* pareado, quando as variáveis seguiam distribuição normal. Adotou-se o nível de significância de 5%. Para as variáveis que não seguiam distribuição normal, o teste utilizado foi o de Wilcoxon pareado. Esse teste, diferentemente do teste t, utiliza a mediana para análise dos dados. Para esse teste, também foi considerado o nível de significância de 5%. Realizaram-se, ainda, medidas de correlação entre algumas variáveis, sendo que foi aplicado o Coeficiente de Correlação de Pearson para as medidas com distribuição paramétrica normal e o de Correlação de Spearman para as com distribuição não-paramétrica, não-normal, melhor dizendo.

Antes de escolhermos os testes estatísticos mais adequados para a comparação das amostras, realizamos o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificarmos se essas seguiam distribuição normal.

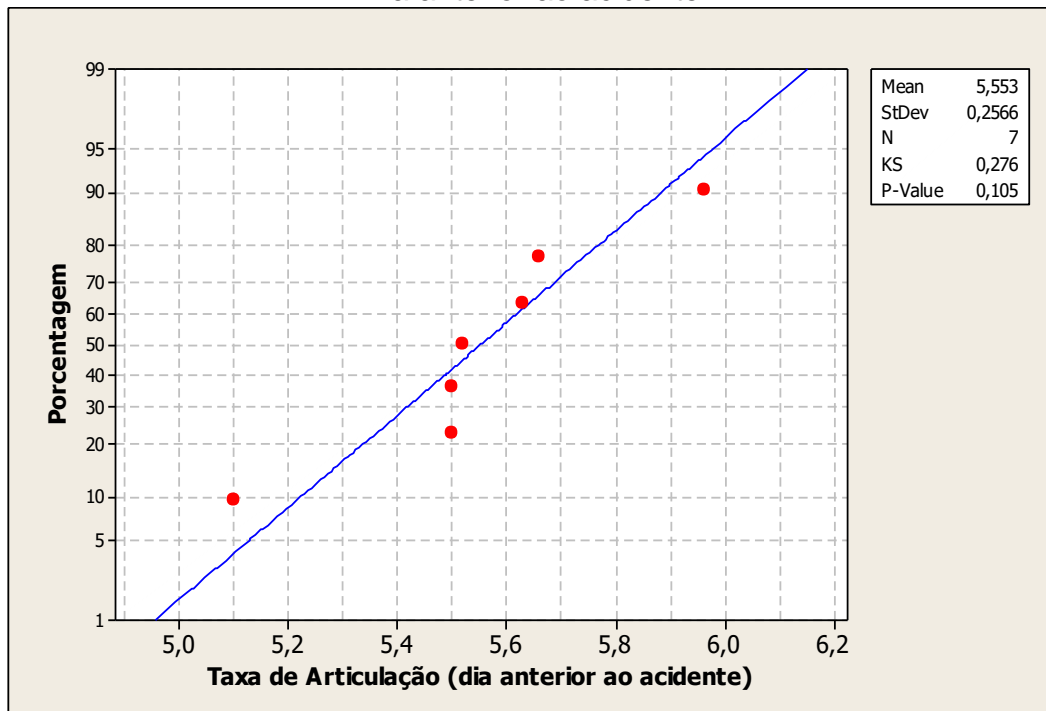
Para as amostras de Taxa de Elocução e de Taxa de Articulação, verificamos que se o *p-value* foi maior que 0,05, sendo assim, não pudemos rejeitar a hipótese nula da pressuposição de normalidade dos dados.

Devido ao fato das amostras terem sido extraídas do mesmo informante, tivemos também que pressupor a dependência das amostras e, portanto, foi possível aplicar o teste t de *Student* para amostras pareadas. As tabelas com os resultados encontrados estão a seguir.

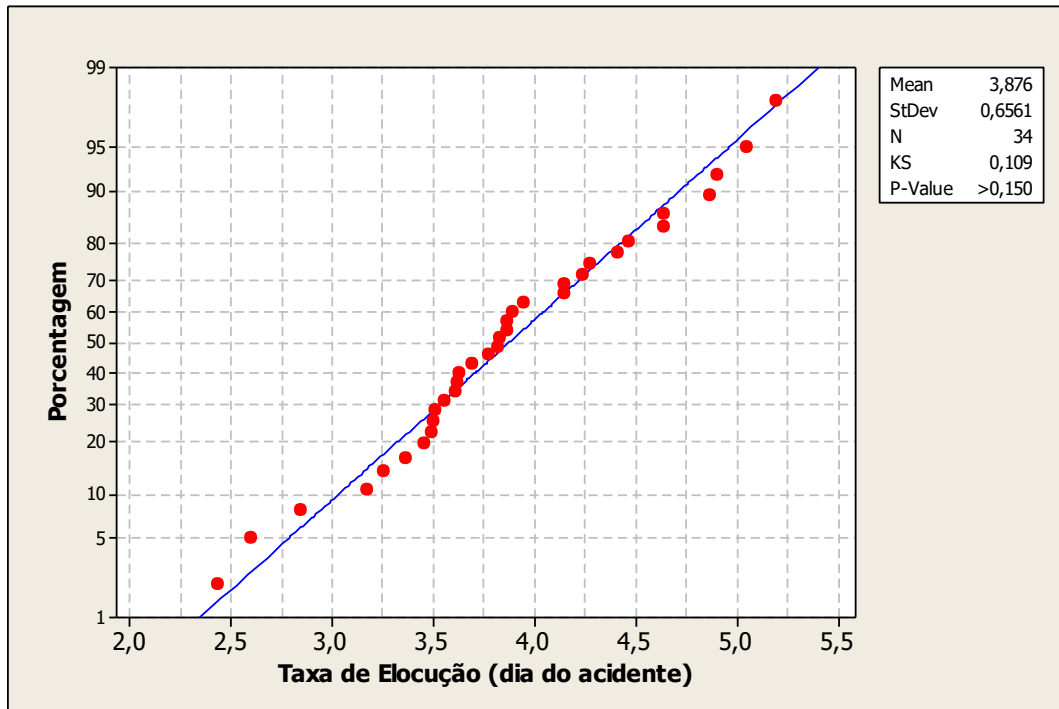
**Gráfico 5 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Elocução
Dia anterior ao acidente**



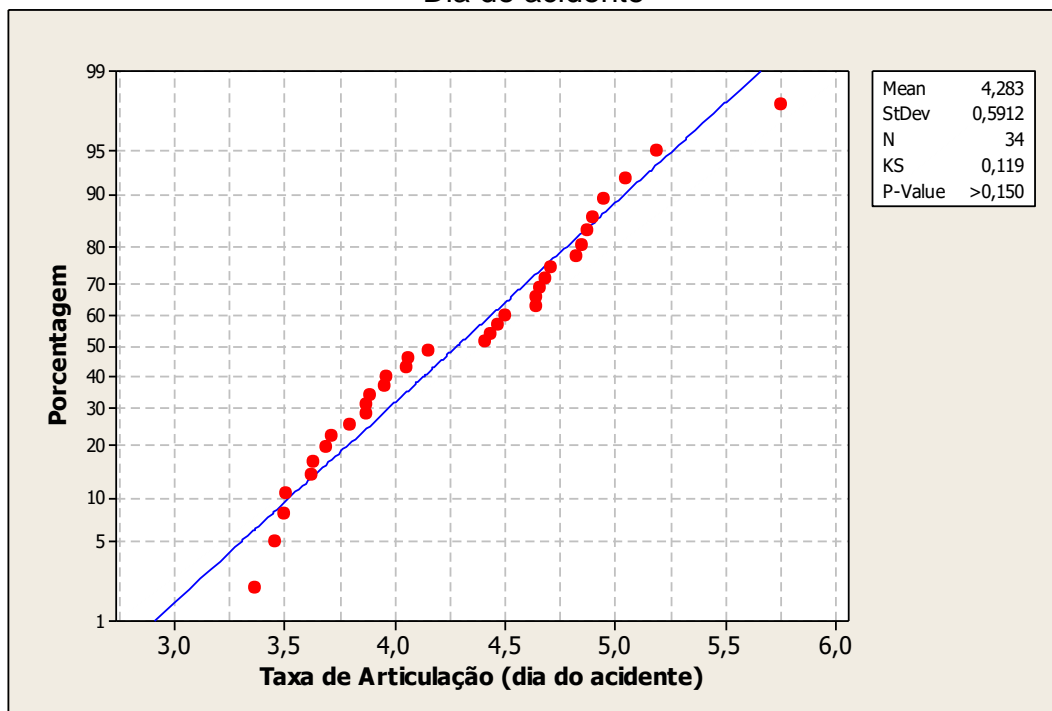
**Gráfico 6 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Articulação
Dia anterior ao acidente**



**Gráfico 7 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Elocução
Dia do acidente**



**Gráfico 8 - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para Taxa de Articulação
Dia do acidente**



Para que pudéssemos parear as amostras de fala do piloto relativas ao dia do acidente às do dia anterior ao acidente e assim realizarmos as análises estatísticas dos dados, tivemos, primeiramente, que ordenar os achados de cada enunciado do dia do acidente. Como possuíamos 34 amostras, realizamos a seleção aleatória de 7 linhas e 10 colunas para que conseguíssemos contemplar todas as amostras de fala de forma aleatória e não houvesse repetição de itens em nenhuma linha. Para isso, utilizamos o MatLab e rodamos o seguinte código: $r=randi([1\ 34], 10, 7)$.

O resultado da seleção aleatória gerada pelo MatLab foi tabulado em ordem crescente de valores e estão apresentados a seguir:

Quadro 7 - Seleção aleatória das amostras de fala para comparação estatística

A	2	3	4	8	11	20	33
B	6	9	11	19	23	31	32
C	15	16	18	21	28	30	32
D	1	7	8	10	25	27	28
E	4	8	17	25	29	31	32
F	4	7	9	22	25	31	34
G	8	11	12	15	17	24	31
H	4	6	11	12	14	20	24
I	5	8	9	13	15	24	26
J	7	14	15	16	18	25	34

Os achados estatísticos serão apresentados a seguir por meio de gráficos e tabelas e a discussão destes achados serão realizadas ao final de cada tópico, junto aos gráficos que resumem os p-valores encontrados, com o intuito de se facilitar a compreensão dos resultados.

➤ **Teste t de Student - Taxa de Elocução**

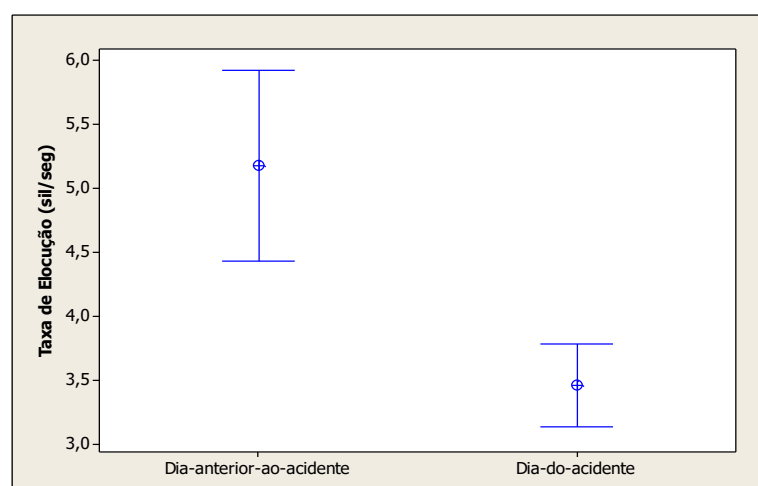
Para a seleção **A** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

A	2	3	4	8	11	20	33
----------	---	---	---	---	----	----	----

Tabela 3 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,464 (0,351)	0,004

Gráfico 9 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



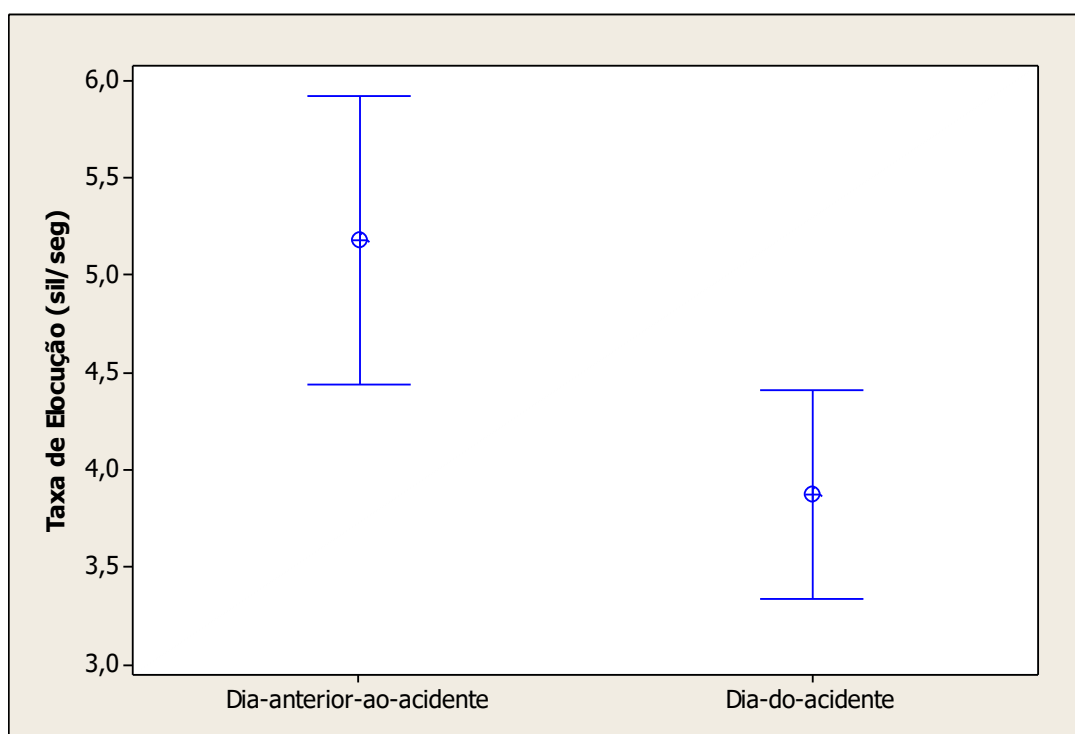
Para a seleção **B** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

B	6	9	11	19	23	31	32
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 4 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,876 (0,577)	0,009

Gráfico 10 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



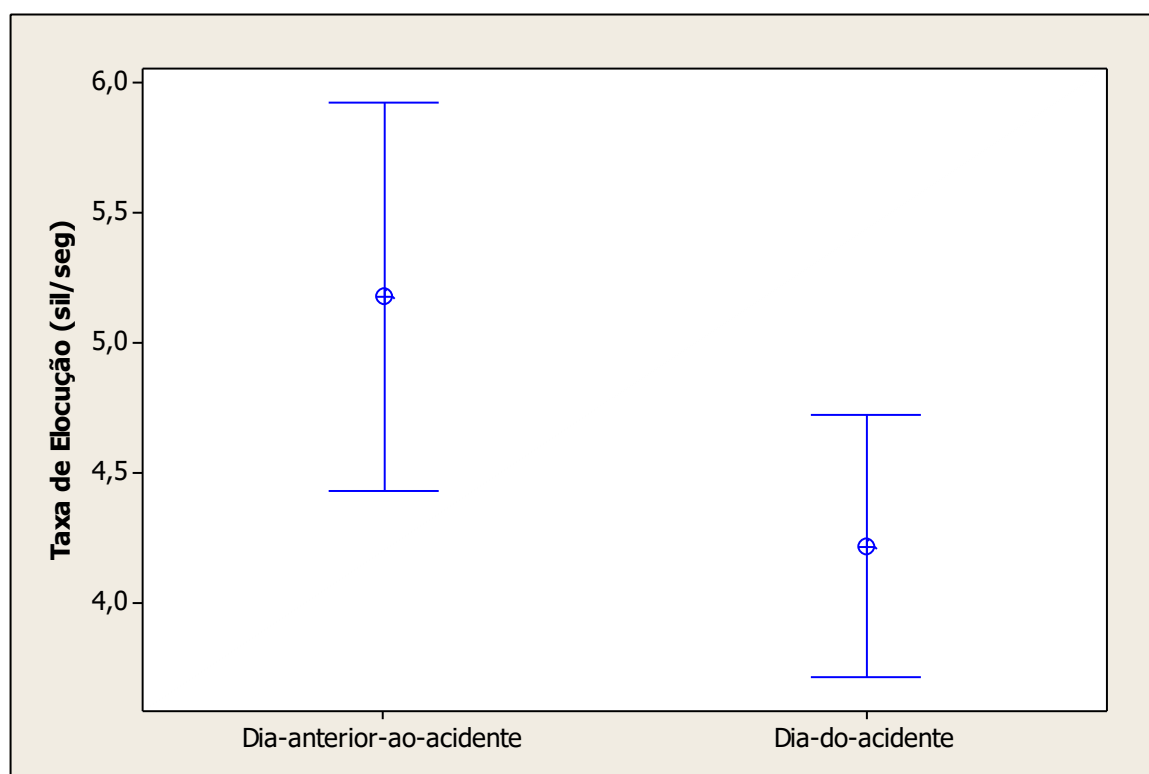
Para a seleção **C** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

C	15	16	18	21	28	30	32
----------	----	----	----	----	----	----	----

Tabela 5 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	4,220 (0,542)	0,010

Gráfico 11 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



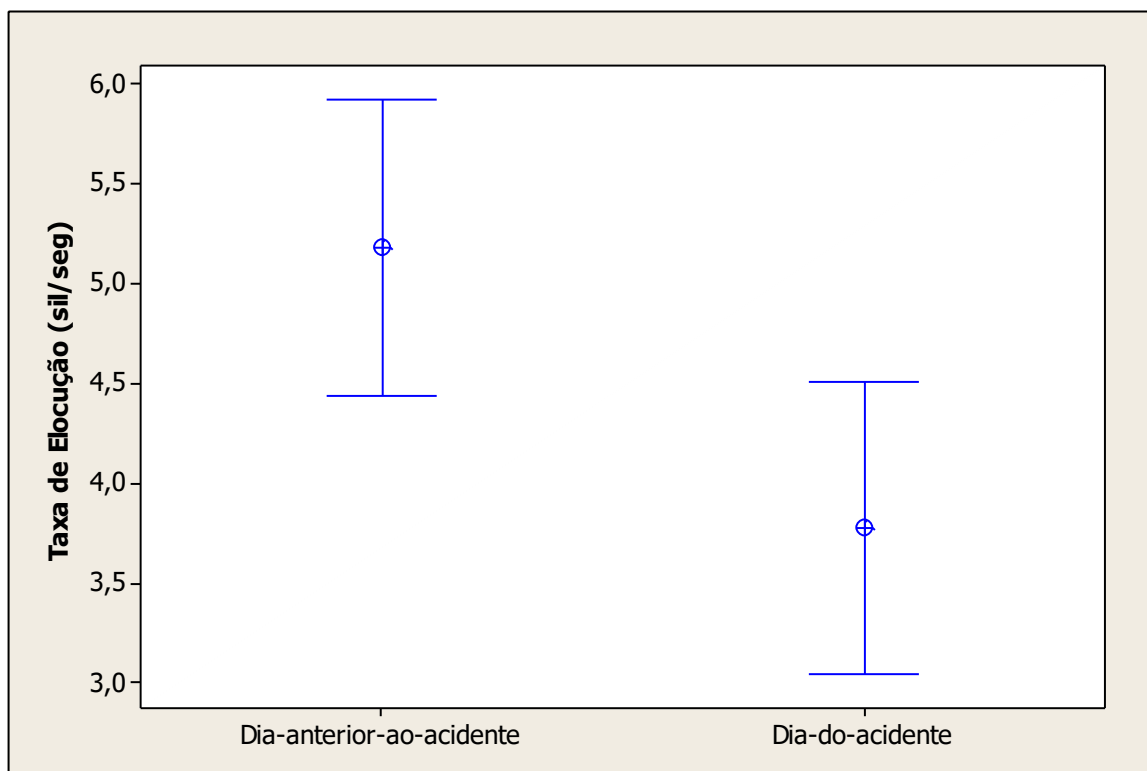
Para a seleção **D** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

D	1	7	8	10	25	27	28
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 6 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,780 (0,793)	0,000

Gráfico 12 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



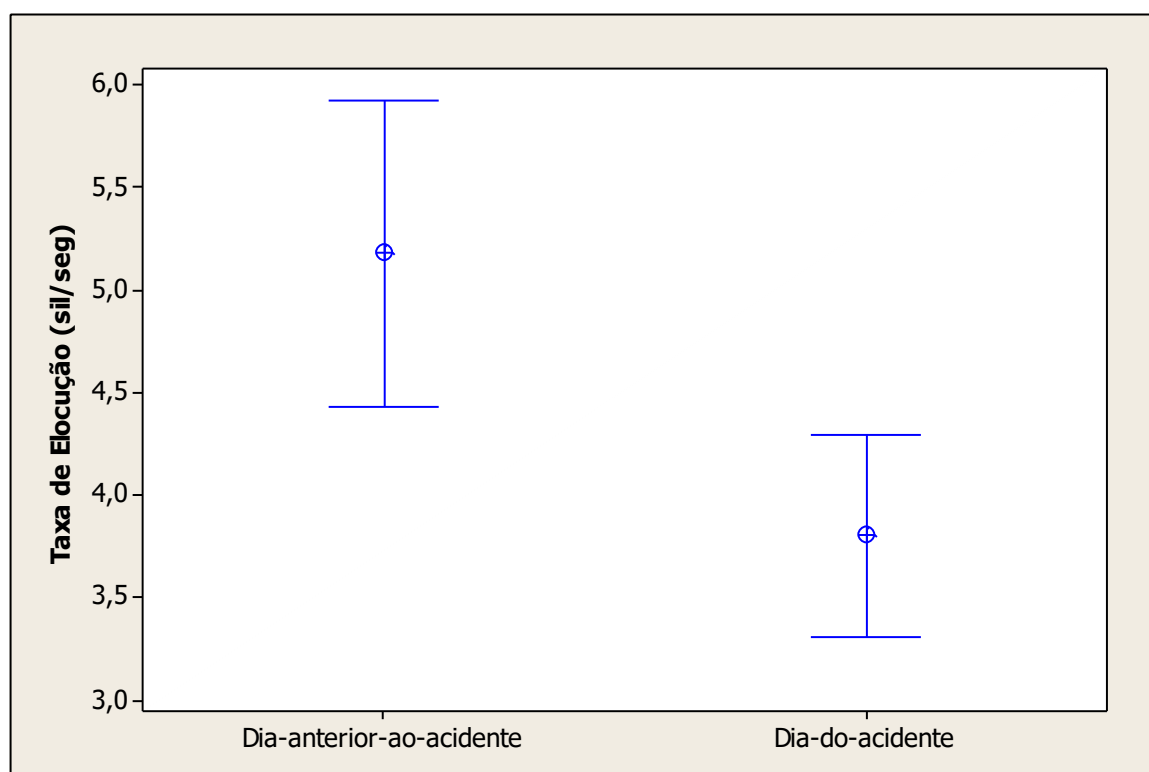
Para a seleção **E** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

E	4	8	17	25	29	31	32
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 7 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,804 (0,532)	0,013

Gráfico 13 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



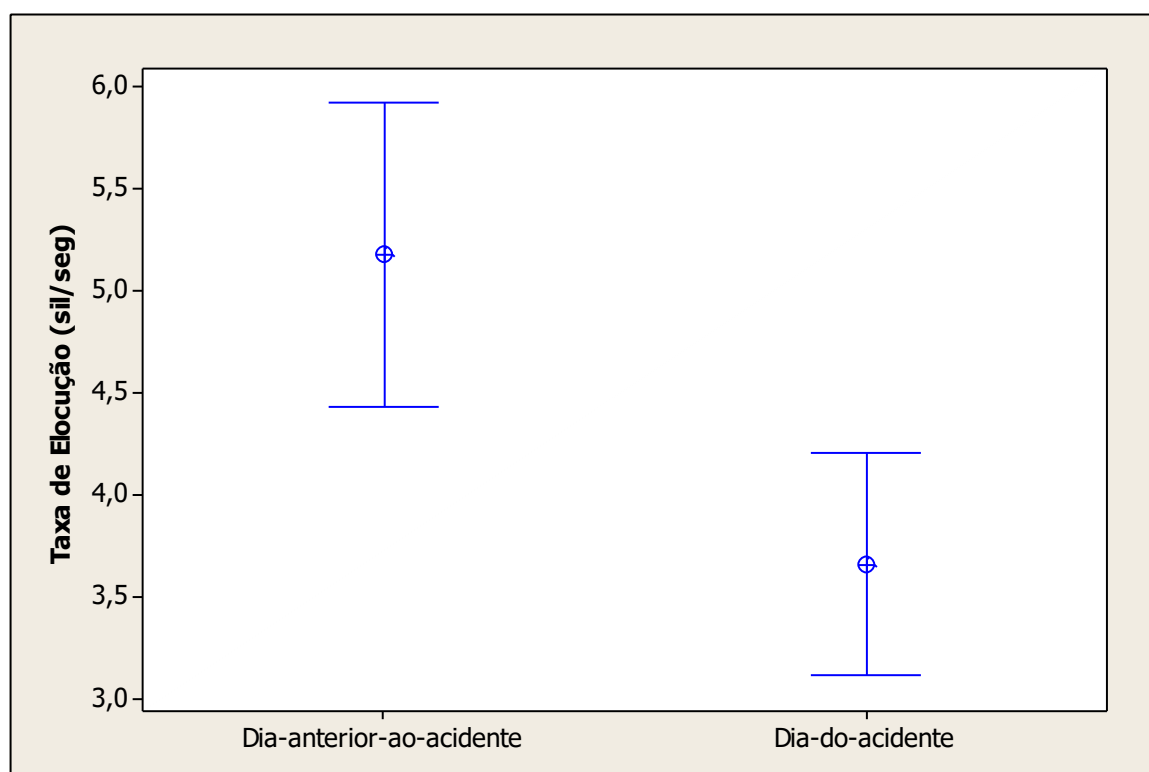
Para a seleção **F** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

F	4	7	9	22	25	31	34
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 8 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,663 (0,588)	0,010

Gráfico 14 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



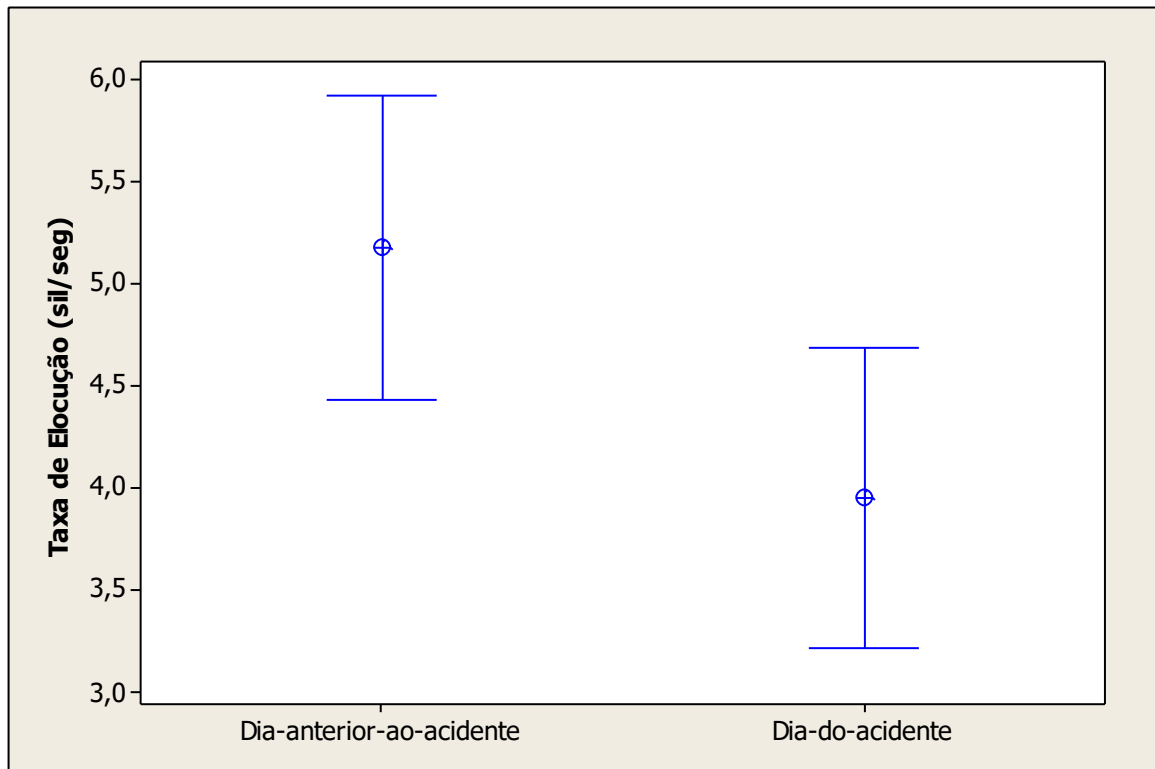
Para a seleção **G** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

G	8	11	12	15	17	24	31
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 9 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,951 (0,791)	0,052

Gráfico 15 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



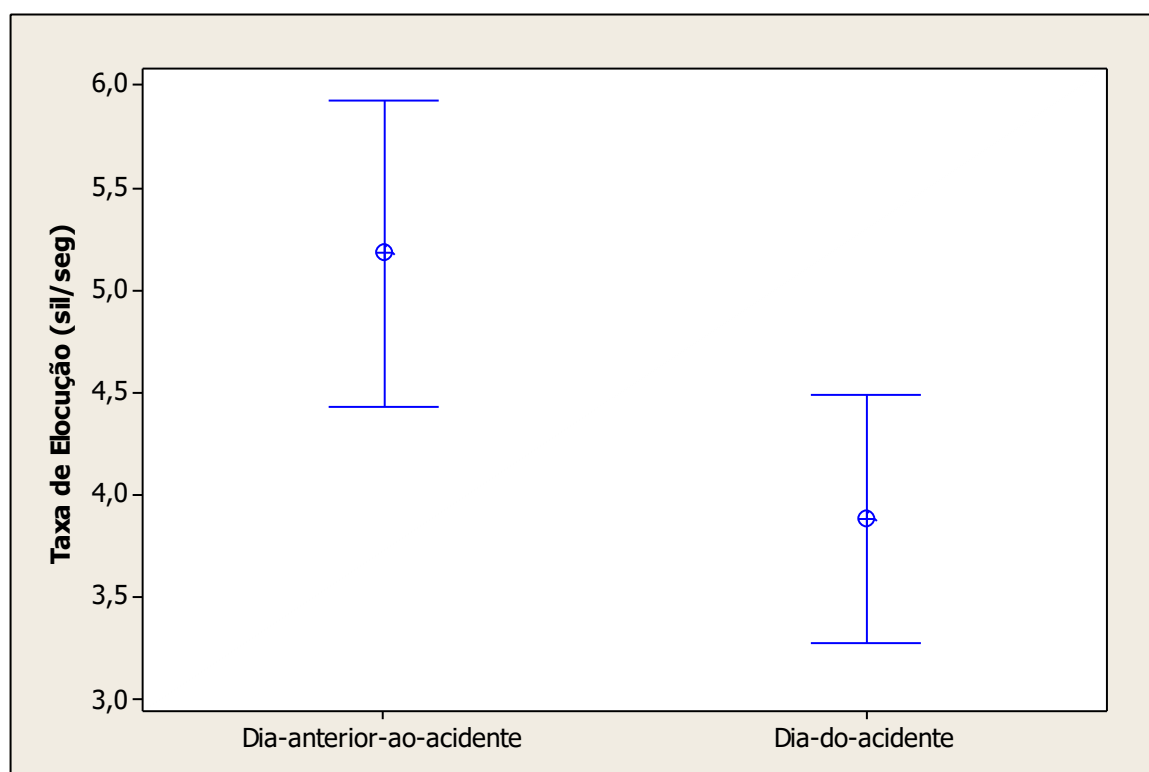
Para a seleção **H** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

H	4	6	11	12	14	20	24
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 10 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,881 (0,654)	0,007

Gráfico 16 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



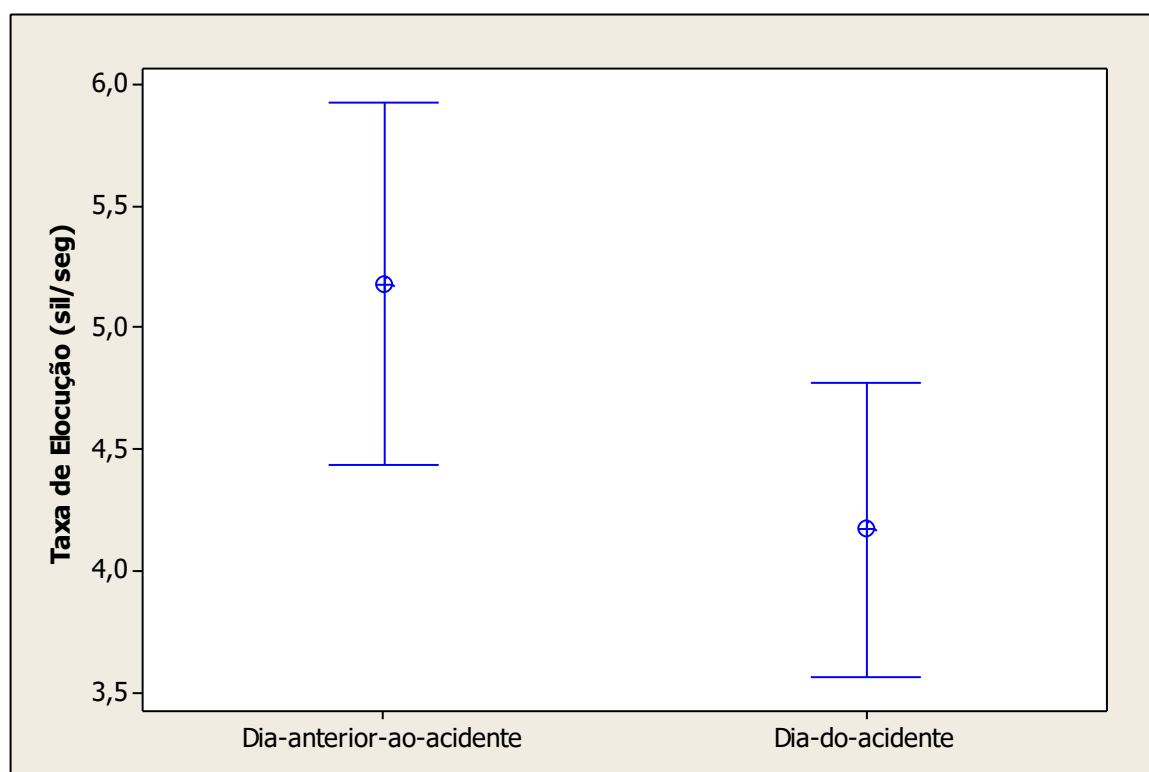
Para a seleção I do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

I	5	8	9	13	15	24	26
---	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 11 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	4,173 (0,653)	0,080

Gráfico 17 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



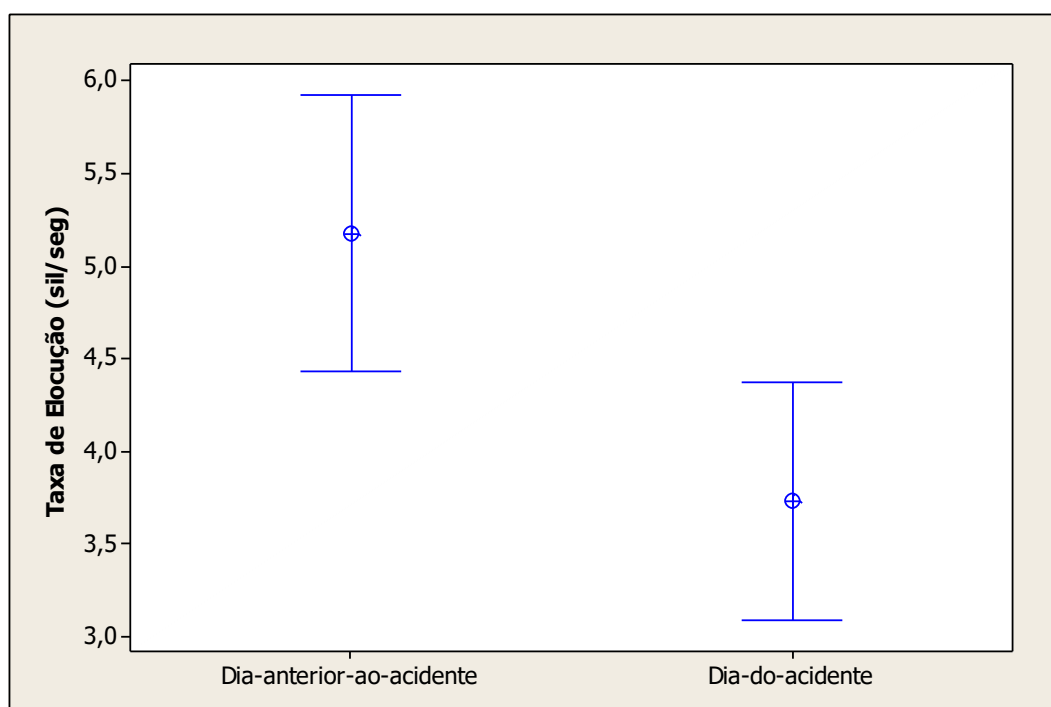
Para a seleção **J** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

J	7	14	15	16	18	25	34
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 12 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Elocução

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,180 (0,805)	
Dia do acidente	3,736 (0,695)	0,014

Gráfico 18 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



Por meio da análise das Tabelas 3 a 12 e dos Gráficos 9 a 18 podemos constatar que das 10 comparações realizadas para a medida de Taxa de Elocução do falante entre o dia anterior ao acidente e o dia do acidente houve diferença estatística para 9 das comparações. Ressaltamos, contudo, que a comparação que não apresentou diferença estatística entre as duas datas para a Taxa de Elocução (seleção I, p-valor= 0,08), apresentou valor muito próximo do nível de significância adotado neste estudo (p-valor=0,05).

Os Gráficos 19 e 20 demonstrados a seguir, trazem os resumos desses achados dos p-valores facilitando, assim, a compreensão dos achados.

Gráfico 19 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Elocução

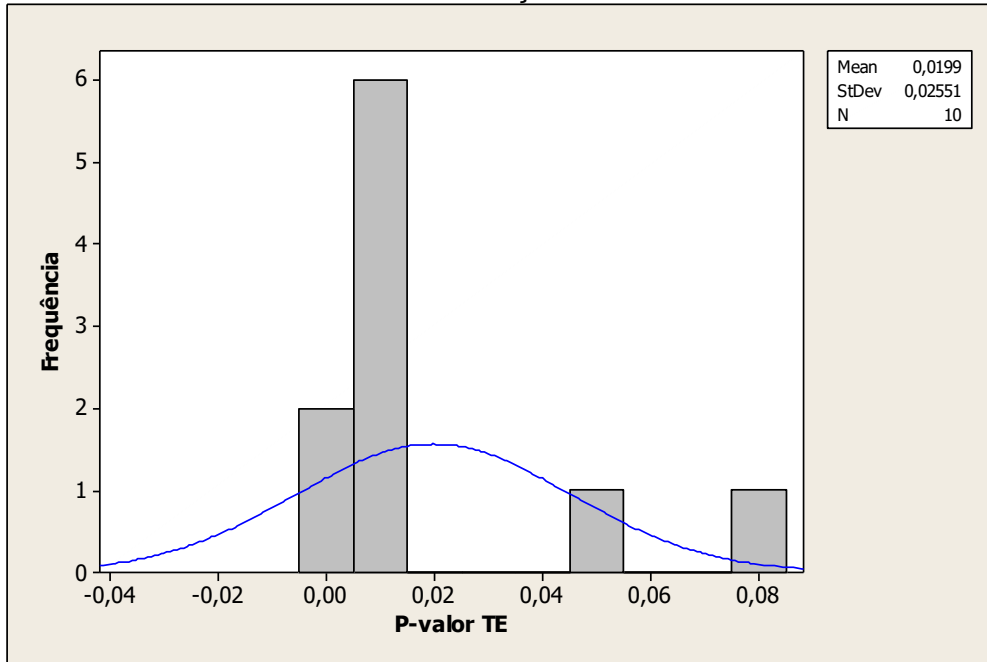
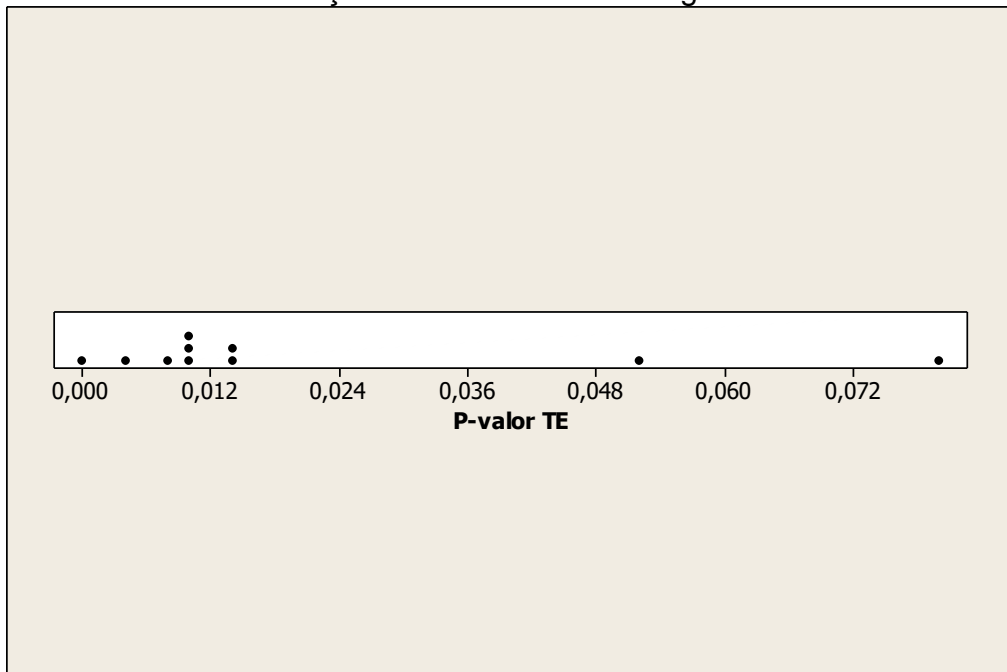


Gráfico 20 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Elocução em outro modelo de gráfico



➤ Teste t de *Student* - Taxa de Articulação

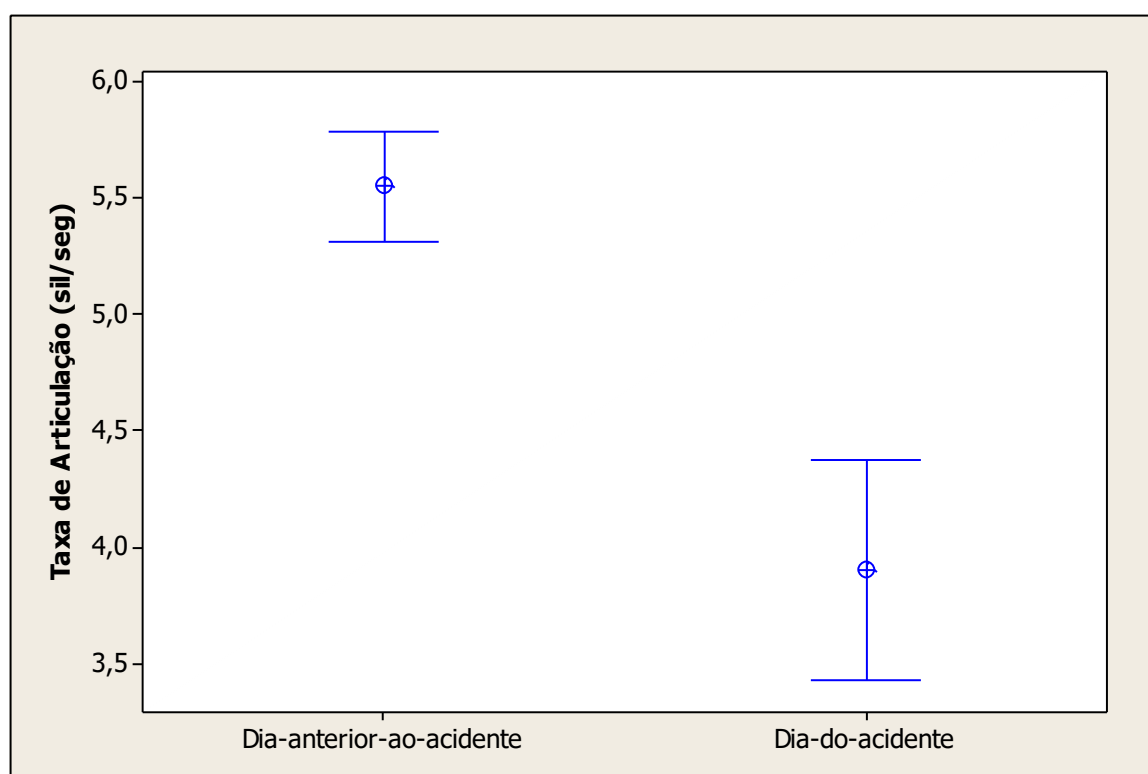
Para a seleção **A** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

A	2	3	4	8	11	20	33
----------	---	---	---	---	----	----	----

Tabela 13 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	3,906 (0,511)	0,000

Gráfico 21 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



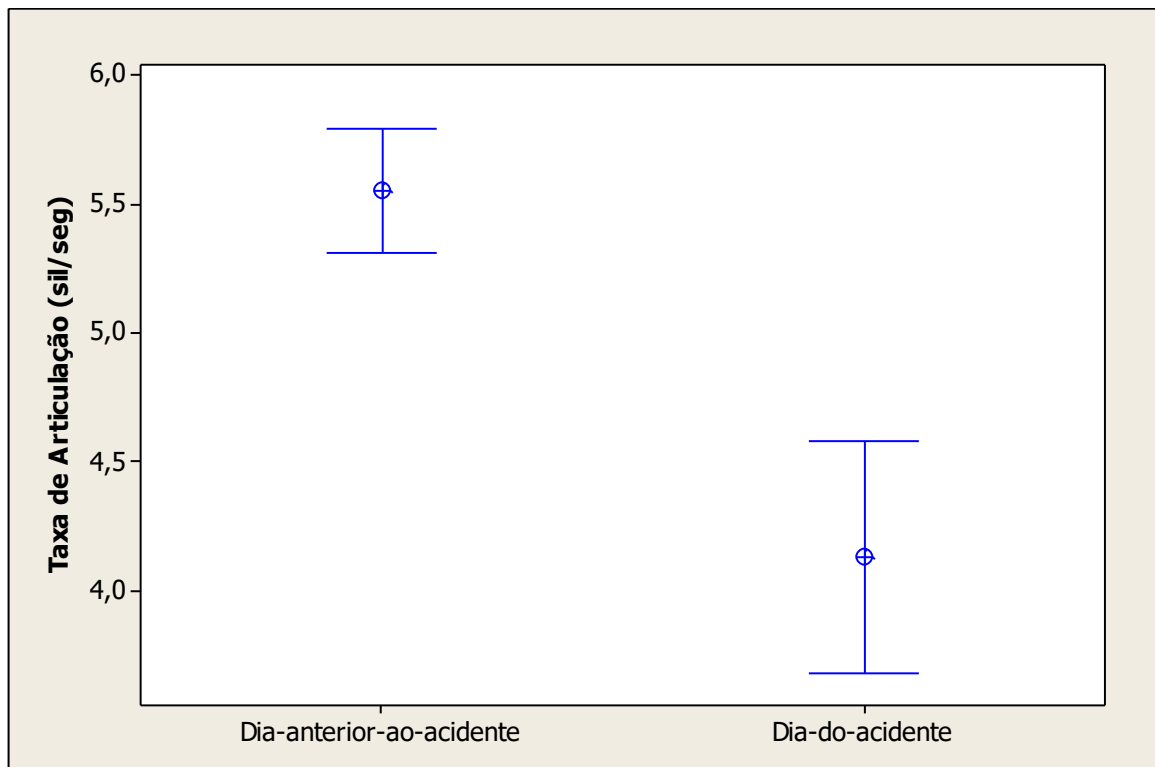
Para a seleção **B** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

B	6	9	11	19	23	31	32
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 14 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,131 (0,484)	0,001

Gráfico 22 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



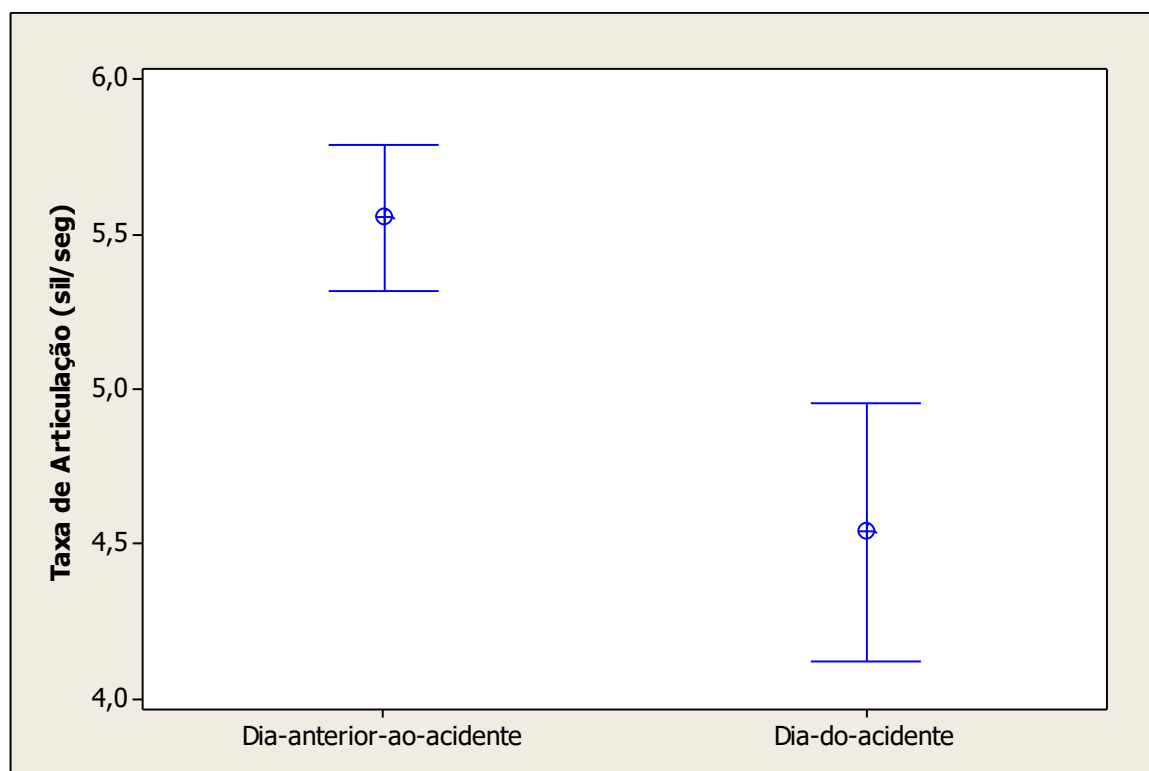
Para a seleção **C** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

C	15	16	18	21	28	30	32
----------	----	----	----	----	----	----	----

Tabela 15 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,539 (0,451)	P<0,0001

Gráfico 23 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



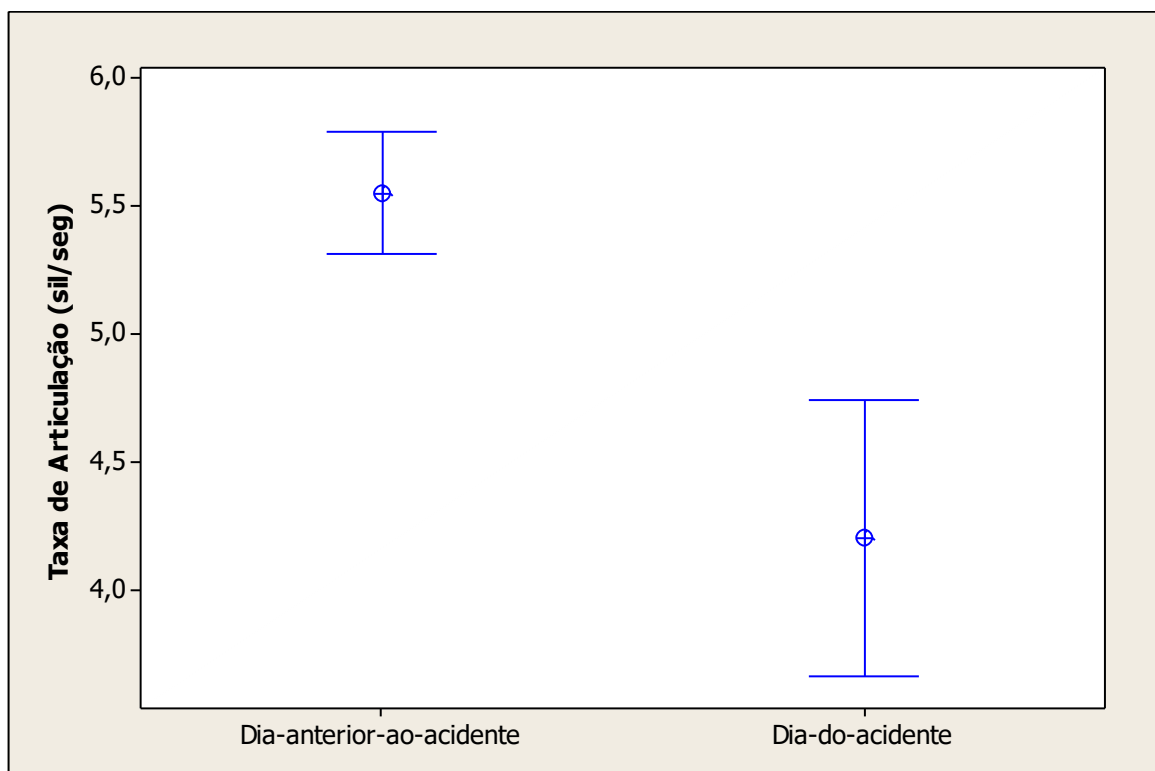
Para a seleção **D** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

D	1	7	8	10	25	27	28
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 16 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,207 (0,583)	P<0,0001

Gráfico 24 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



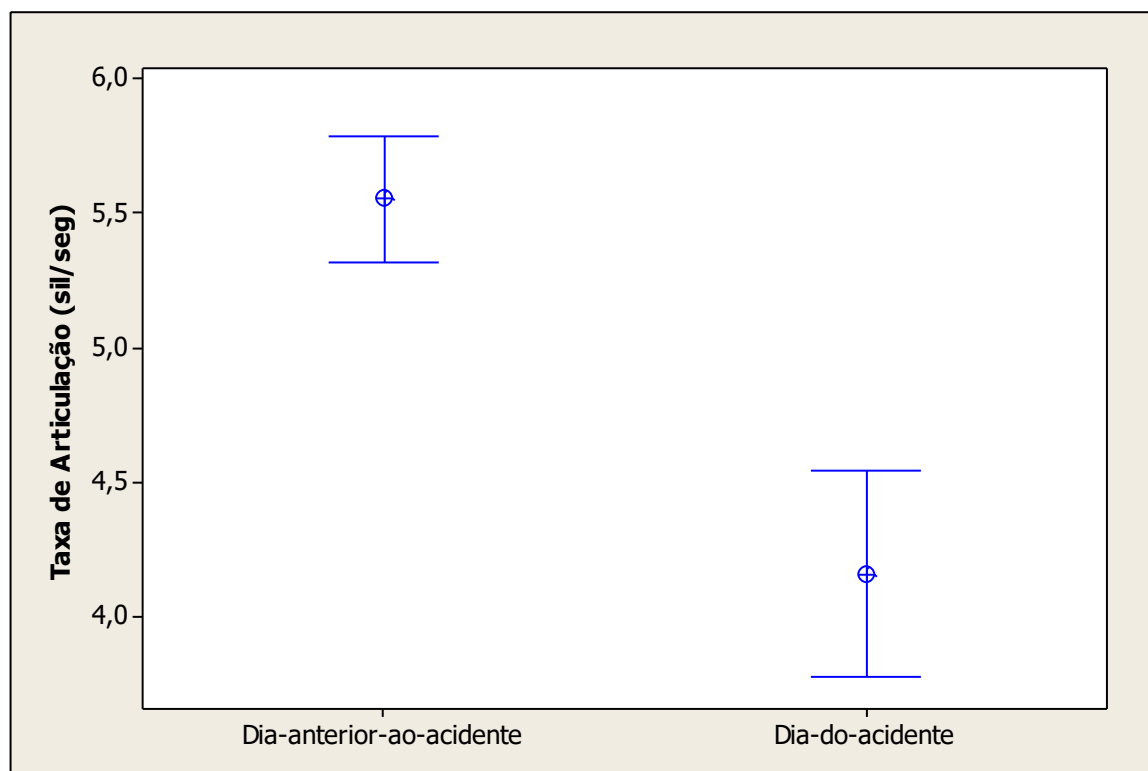
Para a seleção **E** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

E	4	8	17	25	29	31	32
---	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 17 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,160 (0,412)	P<0,0001

Gráfico 25 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



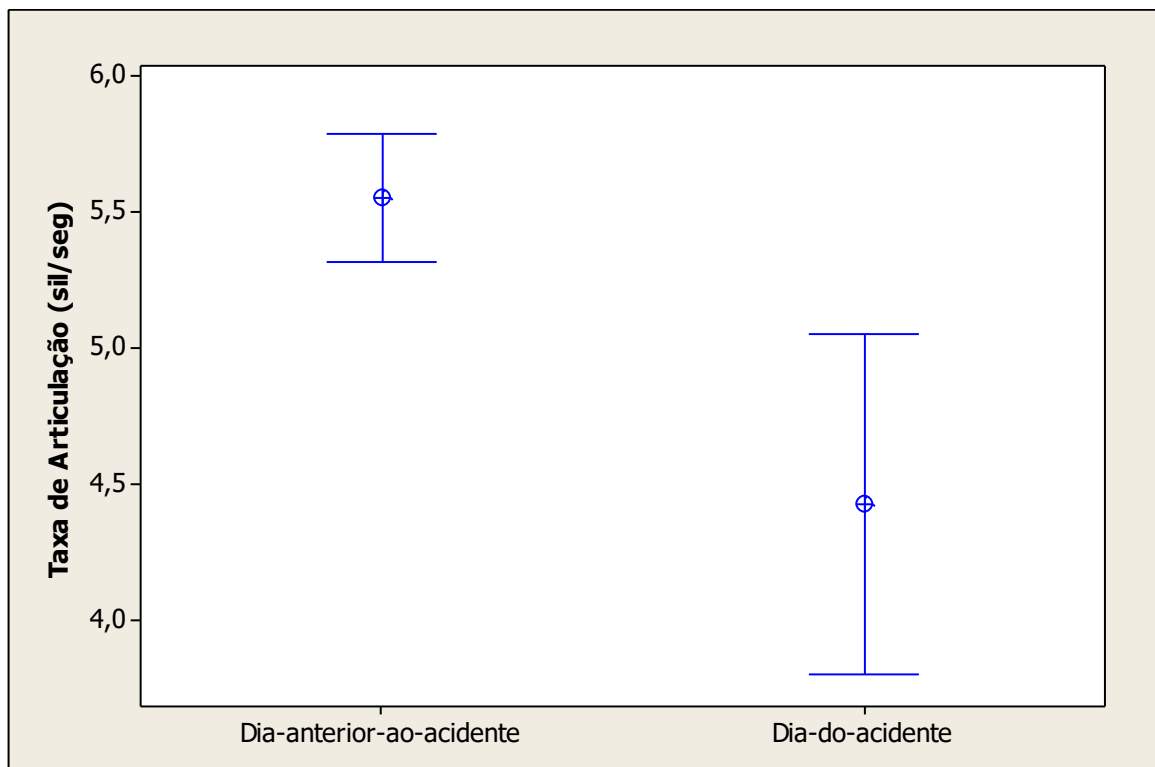
Para a seleção **F** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

F	4	7	9	22	25	31	34
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 18 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,429 (0,676)	0,003

Gráfico 26 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



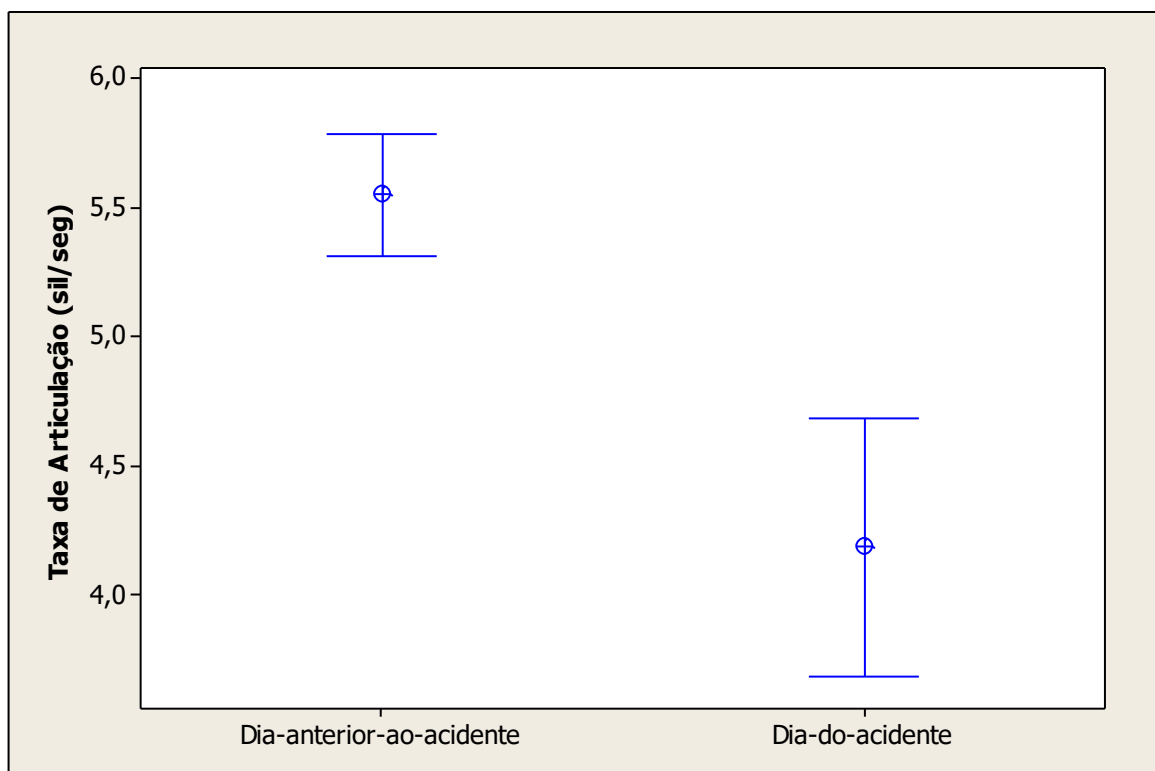
Para a seleção **G** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

G	8	11	12	15	17	24	31
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 19 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,187 (0,538)	0,001

Gráfico 27 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



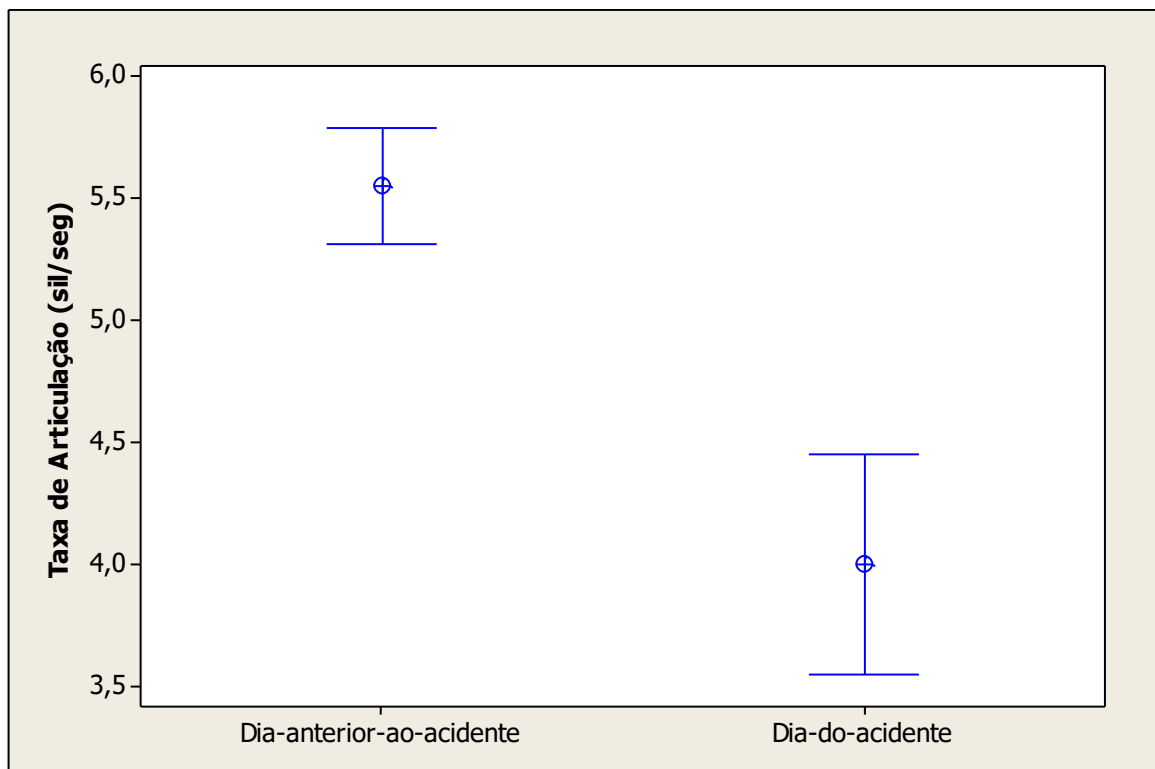
Para a seleção **H** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

H	4	6	11	12	14	20	24
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 20 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,004 (0,488)	p<0,0001

Gráfico 28 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



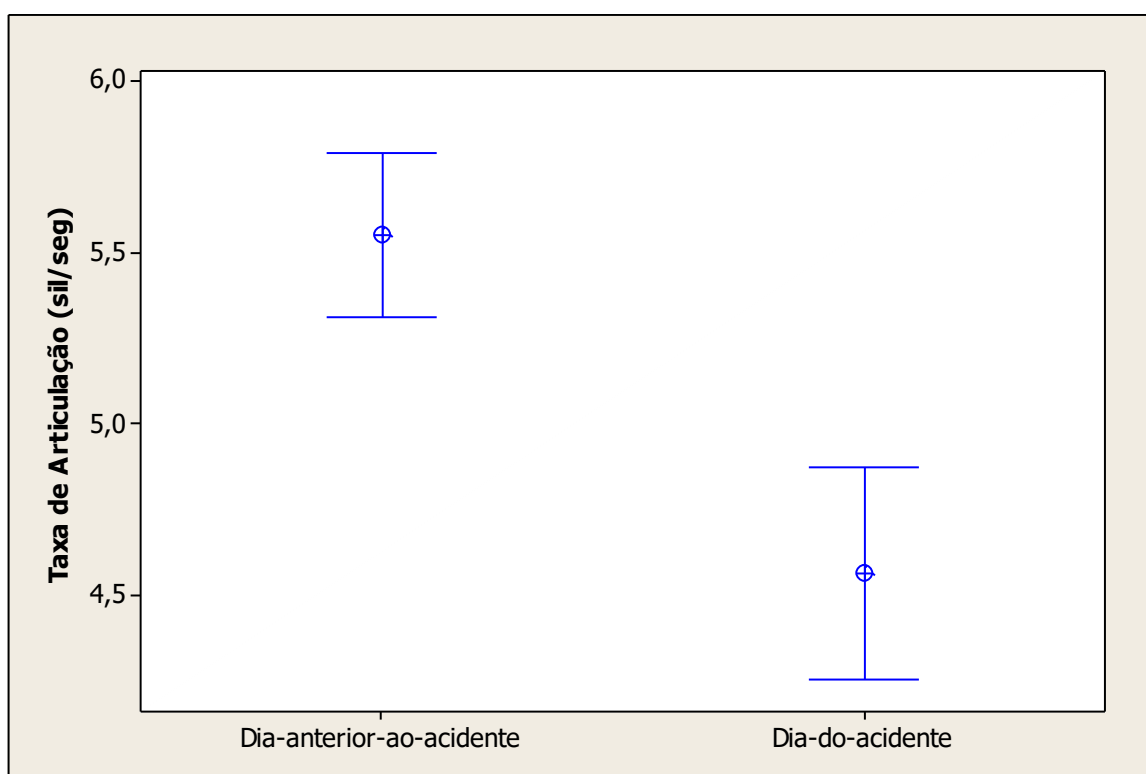
Para a seleção I do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

I	5	8	9	13	15	24	26
---	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 21 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,564 (0,334)	0,001

Gráfico 29 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



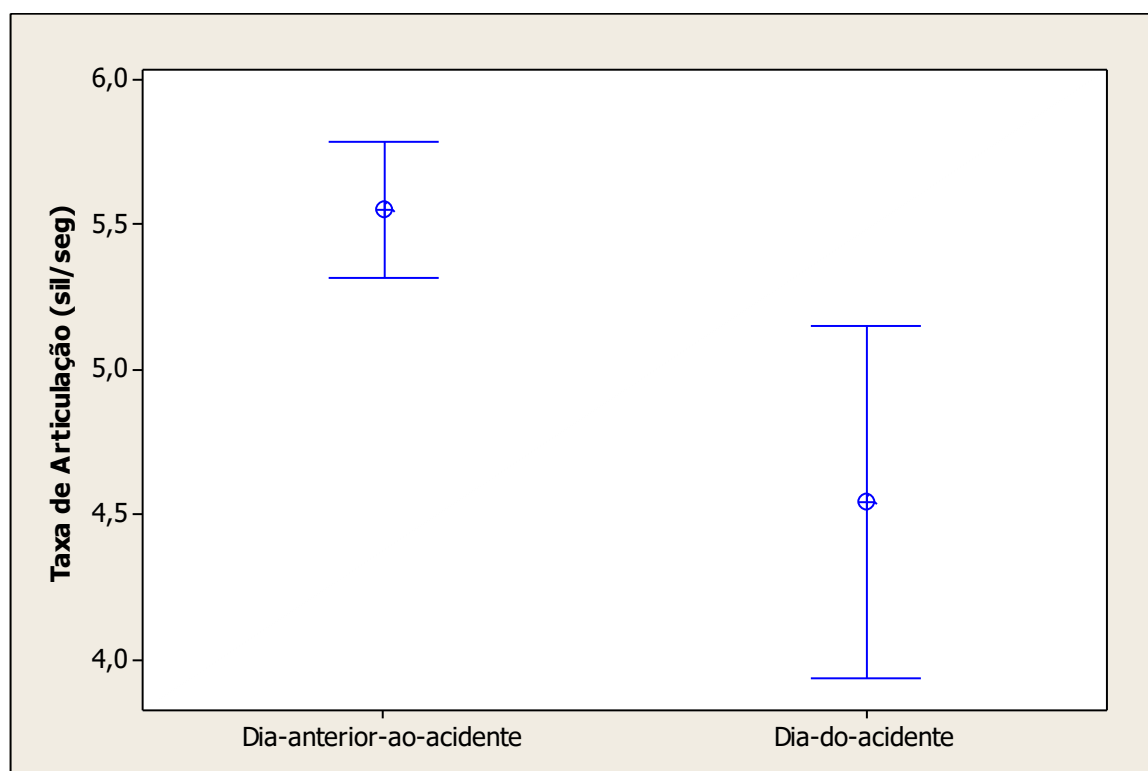
Para a seleção **J** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

J	7	14	15	16	18	25	34
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 22 - Média, desvio padrão e significância da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para a Taxa de Articulação

Variável	Média (DP)	p-valor
Dia anterior	5,553 (0,257)	
Dia do acidente	4,544 (0,658)	0,004

Gráfico 30 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



Por meio da análise das Tabelas 13 a 22 e dos Gráficos 21 a 30 podemos constatar que das 10 comparações realizadas para a medida de Taxa de Articulação do

falante entre o dia anterior ao acidente e o dia do acidente houve diferença estatística para todas as comparações. Os Gráficos 31 e 32 demonstrados a seguir, trazem os resumos desses achados dos p-valores facilitando, assim, a compreensão dos achados.

Gráfico 31 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Articulação

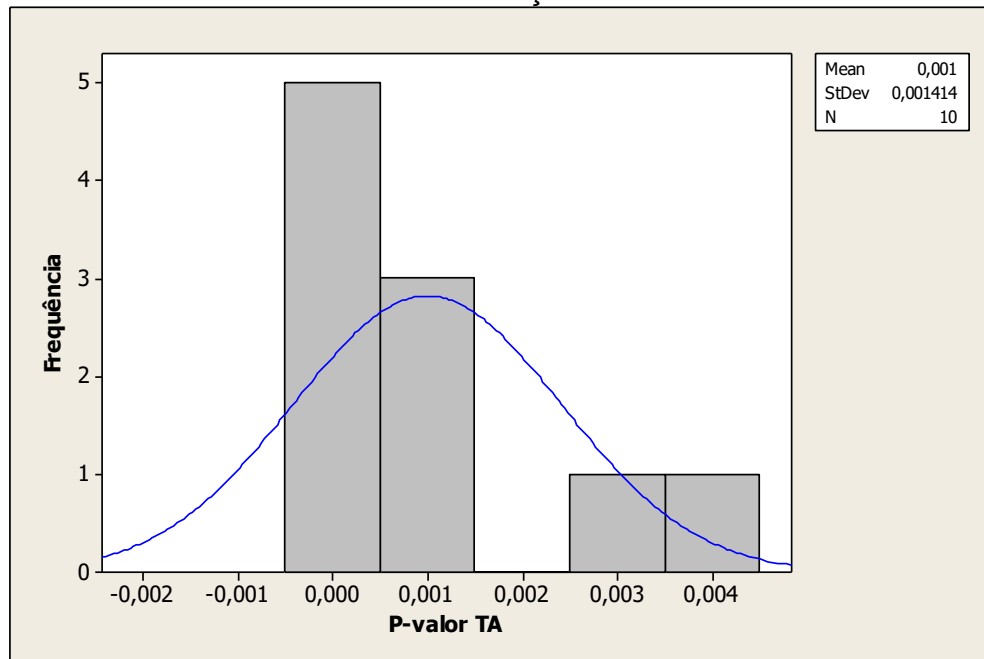
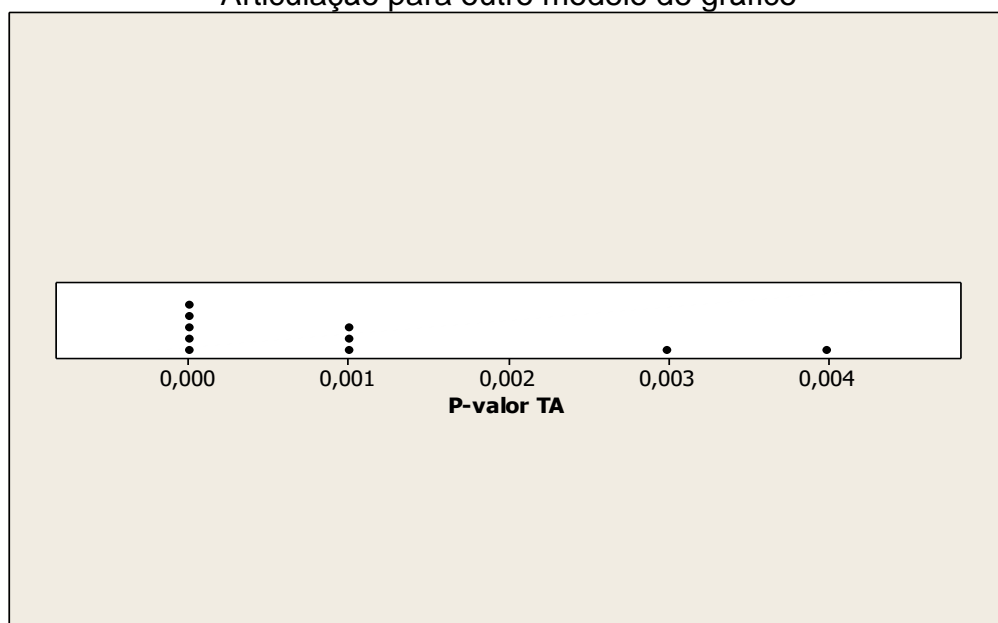


Gráfico 32 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Taxa de Articulação para outro modelo de gráfico



➤ Medidas de correlação entre algumas variáveis

Para a análise da correlação entre variáveis utilizamos 2 testes, sendo o de Pearson para as que seguiam distribuição normal como Tempo Total de Disfluência x Taxa de Elocução e o de Spearman para as que apresentavam distribuição não-paramétrica como Número de Pausas x Número de sílabas.

A seguir apresentaremos o gráfico da correlação de Spearman para as variáveis com distribuição paramétrica.

Para a interpretação dos resultados utilizamos a classificação de Mukaka (2012), conforme a seguir:

- ✓ 0,9 positivo ou negativo indica uma correlação muito forte.
- ✓ 0,7 a 0,9 positivo ou negativo indica uma correlação forte.
- ✓ 0,5 a 0,7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada.
- ✓ 0,3 a 0,5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca.
- ✓ 0 a 0,3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.

Gráfico 33 - Representação da medida de correlação de Pearson entre as variáveis Taxa de Elocução x Tempo Total de Disfluência

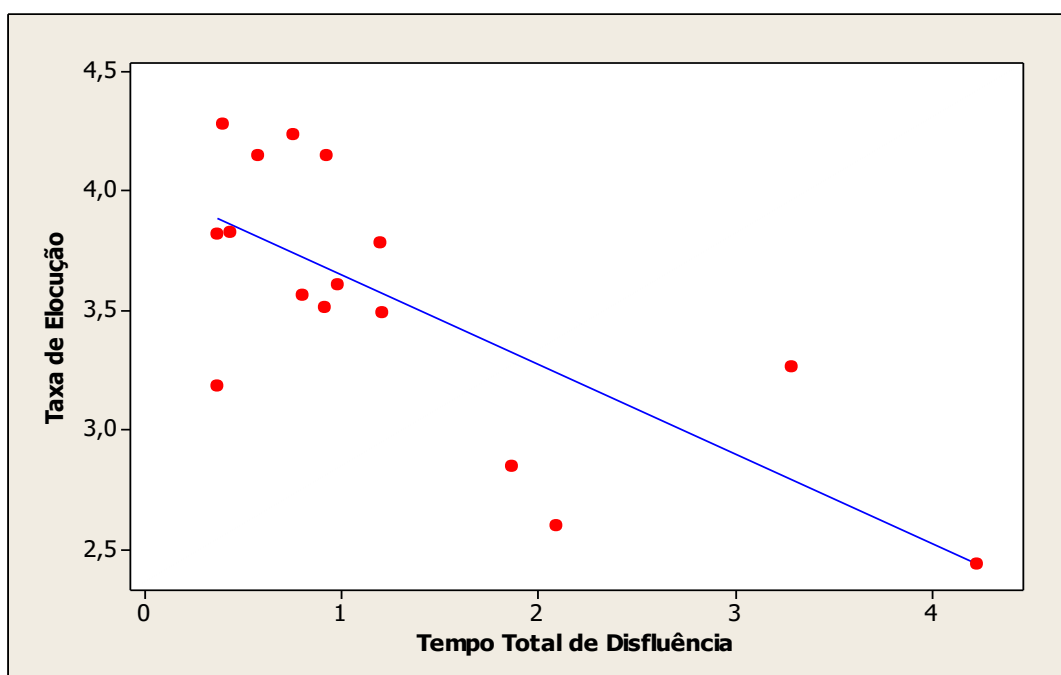


Tabela 23 - Coeficiente de Correlação de Pearson e significância da comparação entre a Taxa de Elocução e o Tempo Total da Disfluência no dia do acidente

Variáveis	Coef. de Correlação (r) =	p-valor
Taxa de Elocução x TTD	-0,733	0,001

Por meio do resultado apresentado na Tabela 23 pudemos constatar que o $r = -0,733$. Isso indica forte correlação negativa entre as variáveis.

De acordo com Shimakura (2006), o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson é denominado de coeficiente de determinação ou simplesmente r^2 . Esta é uma medida da proporção da variabilidade em uma variável que é explicada pela variabilidade da outra. Segundo o mesmo autor, é difícil que ocorra uma correlação perfeita na vida real, ou seja, $r^2 = 1$, ou seja, 100%. Isso se dá porque diversos fatores determinariam as relações entre variáveis.

No nosso resultado, obtivemos um $r = -0,73$, de modo que $r^2 = 0,54$ ou 54% de associação entre as duas variáveis. Isso demonstra que não foi somente a Disfluência que interferiu na Taxa de Elocução, pois 46% foram determinados por outros fatores. O que encontramos em nossos resultados foi que a Taxa de Articulação também foi mais lenta, foi menor no dia do acidente em relação ao dia anterior ao acidente e isto também impactaria na Taxa de Elocução. Relembramos que para a Taxa de Articulação só contabilizamos a parte fluente da fala.

Para analisarmos a correlação entre o número de sílabas e o número de pausas, ou seja, se à medida que o número de sílabas aumentava as pausas também aumentavam, correlação positiva, utilizamos primeiramente o Coeficiente de Correlação de Pearson, e os resultados estão demonstrados a seguir.

Gráfico 34 - Representação da medida de correlação de Pearson entre as variáveis Número de Pausas x Número de Sílabas

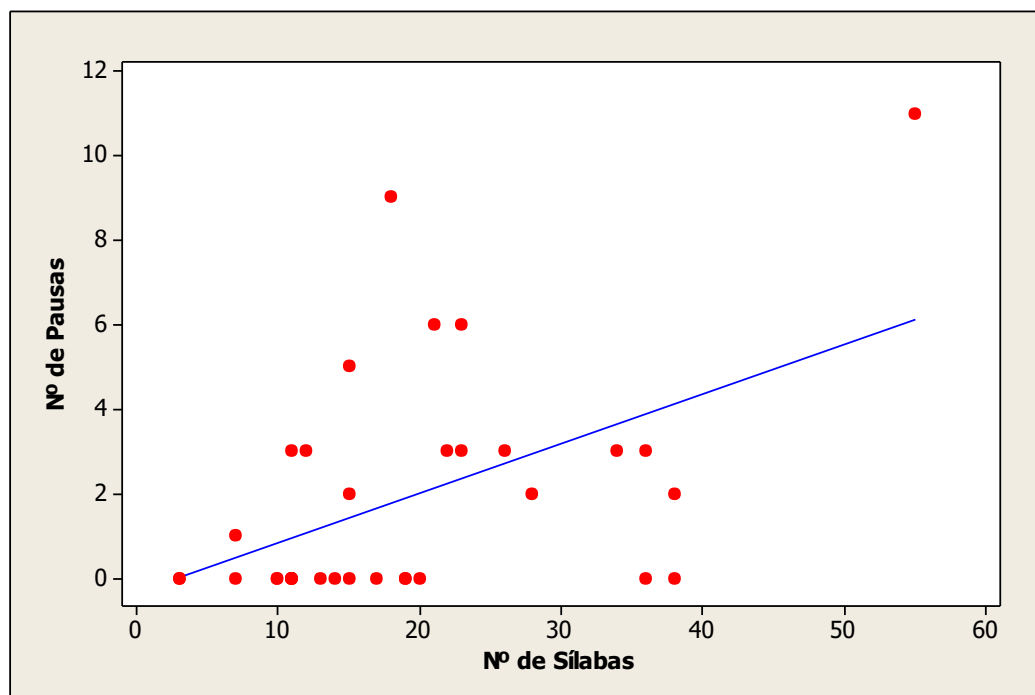


Tabela 24 - Coeficiente de Correlação de Pearson e significância da comparação entre o Número de Pausas e Número de Sílabas no dia do acidente

Variáveis	Coef. de Correlação (r) =	p-valor
Número de Pausas x Número de Sílabas	0,493	0,003

Por meio do resultado apresentado pudemos verificar que a correlação foi fraca, $r=0,493$, ou seja, não é pelo aumento do número de sílabas que houve aumento do número de pausas neste estudo de caso. Isso nos leva a constatar, então, que as pausas não ocorreram pelo tamanho do enunciado, mas sim por outros motivos.

Para este caso, o Coeficiente de Determinação foi $r^2 = 24\%$ de associação entre as duas variáveis.

Após o cálculo das variáveis Número de Sílabas e Número de Pausas percebemos que a variável pausas não seguia distribuição Normal. Portanto, usamos também a técnica de Correlação de Spearman (que é o modelo não-paramétrico para variáveis que não seguem distribuição normal), o cálculo auferido pelo programa apresentou o mesmo valor de taxa de correlação. Isso reforça o fato de que a associação entre as duas variáveis foi fraca para o caso estudado. Os achados para a Correlação de Spearman são demonstrados no gráfico a seguir.

Gráfico 35 - Representação da medida de correlação de Spearman entre as variáveis Número de Pausas x Número de Sílabas

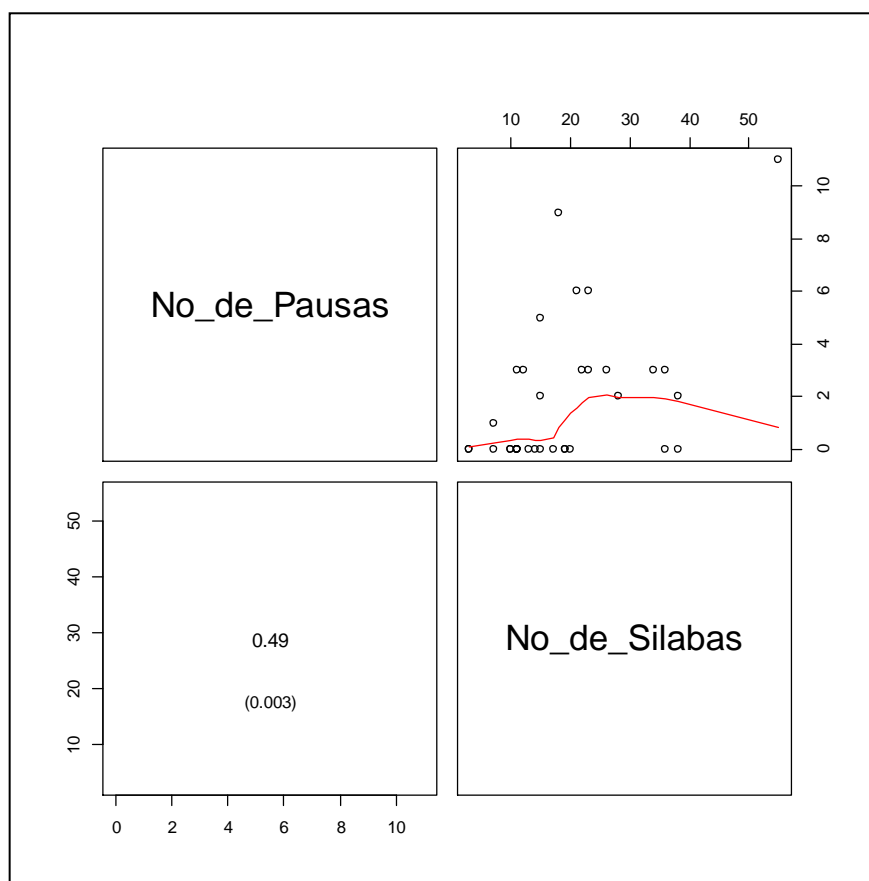


Tabela 25 - Coeficiente de Correlação de Spearman e significância da comparação entre o Número de Pausas e Número de Sílabas no dia do acidente

Variáveis	Coef. de Correlação (x) =	p-valor
Número de Pausas x	0,49	0,003
Número de Sílabas		

Também houve correlação fraca entre o Tempo Total de Pausa e o Número de Sílabas, conforme demonstrado a seguir. Isso também demonstra que nem o número das pausas nem a duração dessas aumentam à medida que ocorre aumento do número de sílabas.

Gráfico 36 - Representação da medida de correlação de Spearman entre as variáveis Tempo Total de Pausa x Número de Sílabas

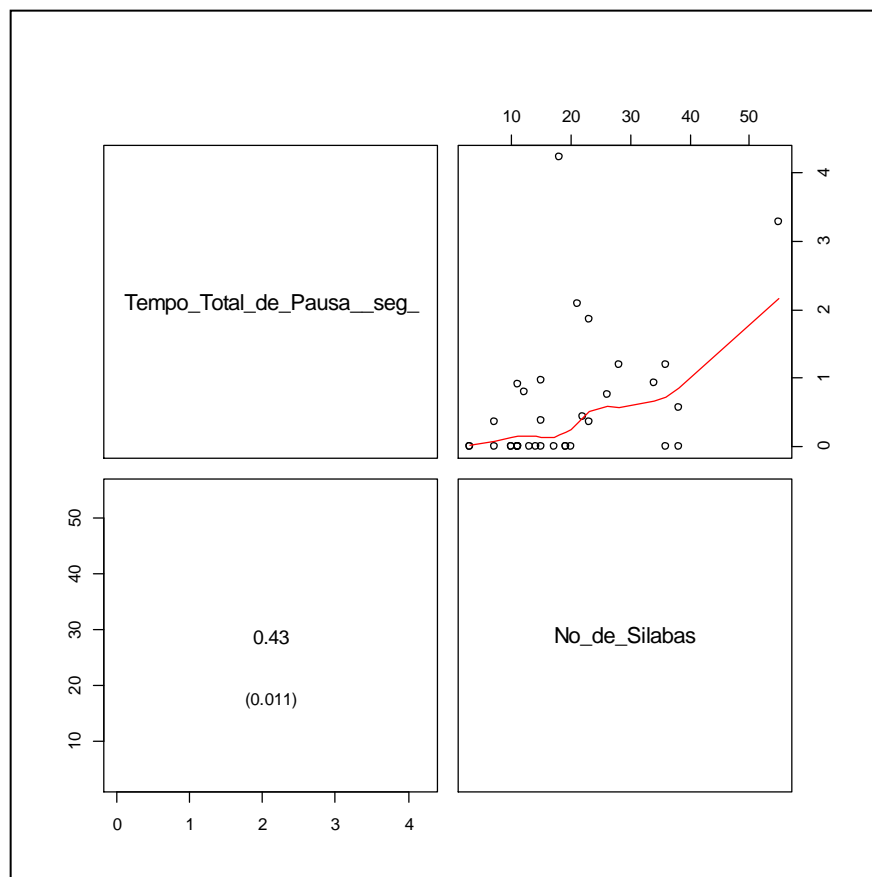


Tabela 26 - Coeficiente de Correlação de Spearman e significância da comparação entre o Tempo Total de Pausa e Número de Sílabas no dia do acidente

Variáveis	Coef. de Correlação (x) =	p-valor
Número de Pausas x	0,43	0,011
Número de Sílabas		

A seguir serão apresentados os resultados do teste de Wilcoxon. A discussão será realizada ao final, junto aos gráficos de resumo dos p-valores.

➤ **Teste de Wilcoxon para amostras pareadas - Duração das Pausas Não-Preenchidas**

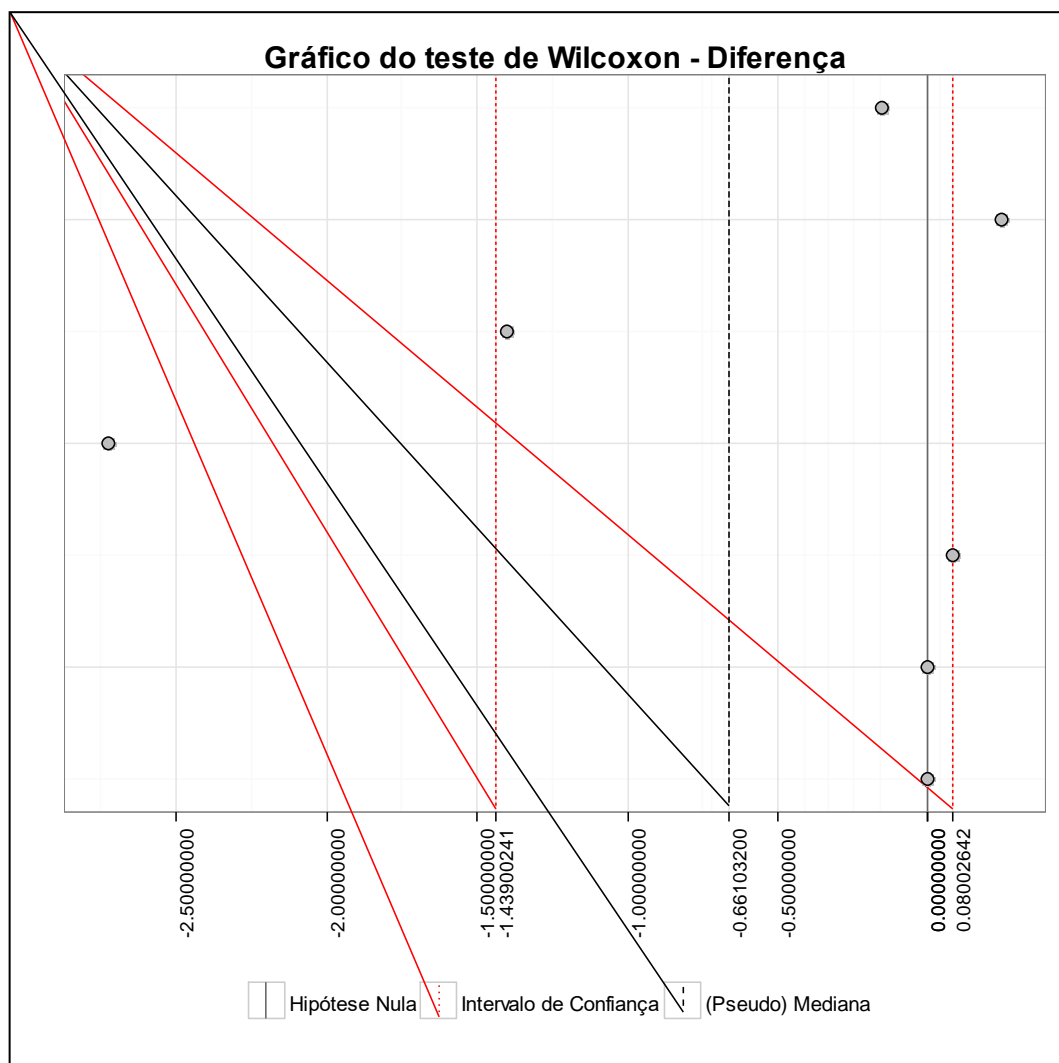
Para a seleção **A** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

A	2	3	4	8	11	20	33
----------	---	---	---	---	----	----	----

Tabela 27 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,418
Limite Inferior	-1,439
(Pseudo) Mediana	-0,661
Limite Superior	0,080

Gráfico 37 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



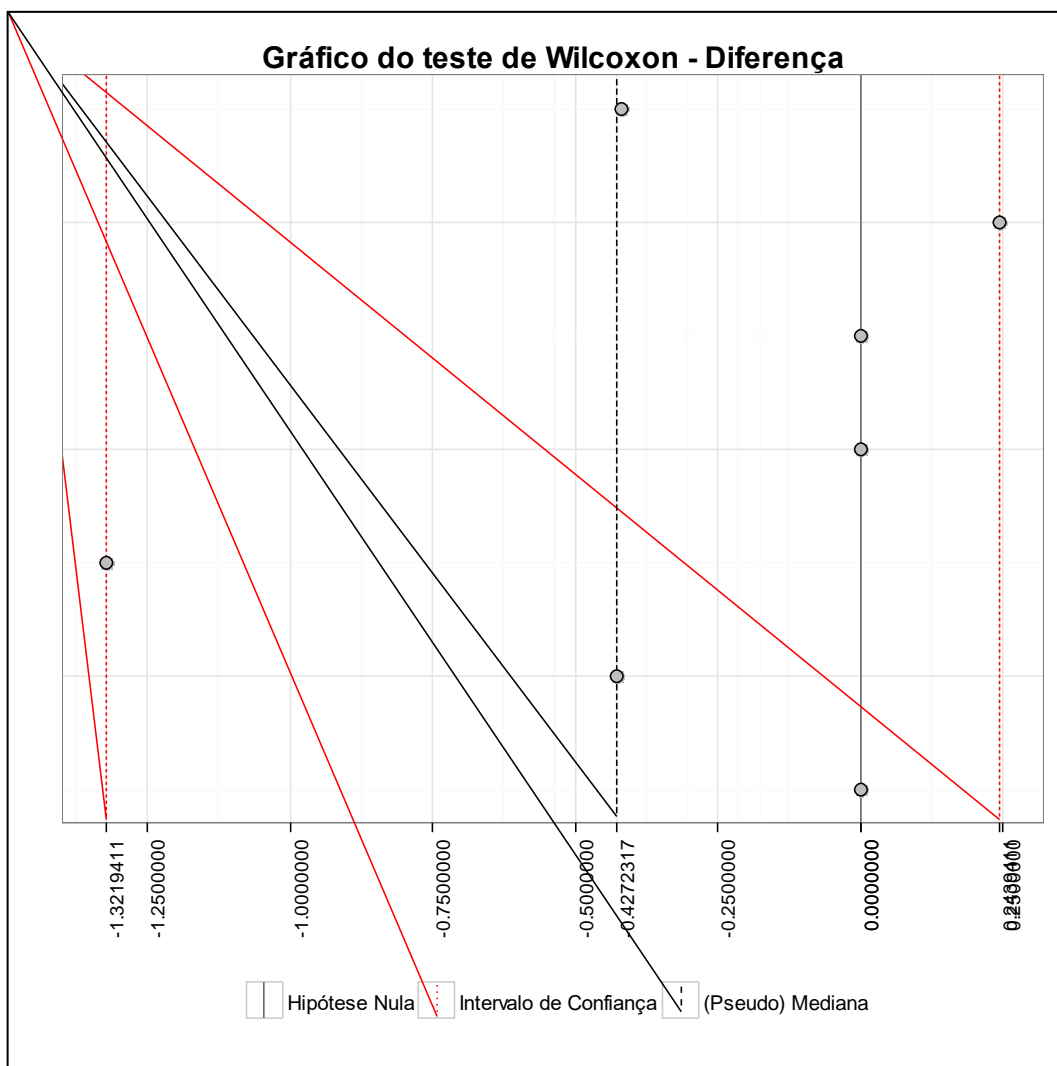
Para a seleção **B** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

B	6	9	11	19	23	31	32
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 28 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,201
Limite Inferior	-1,321
(Pseudo) Mediana	-0,427
Limite Superior	0,243

Gráfico 38 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



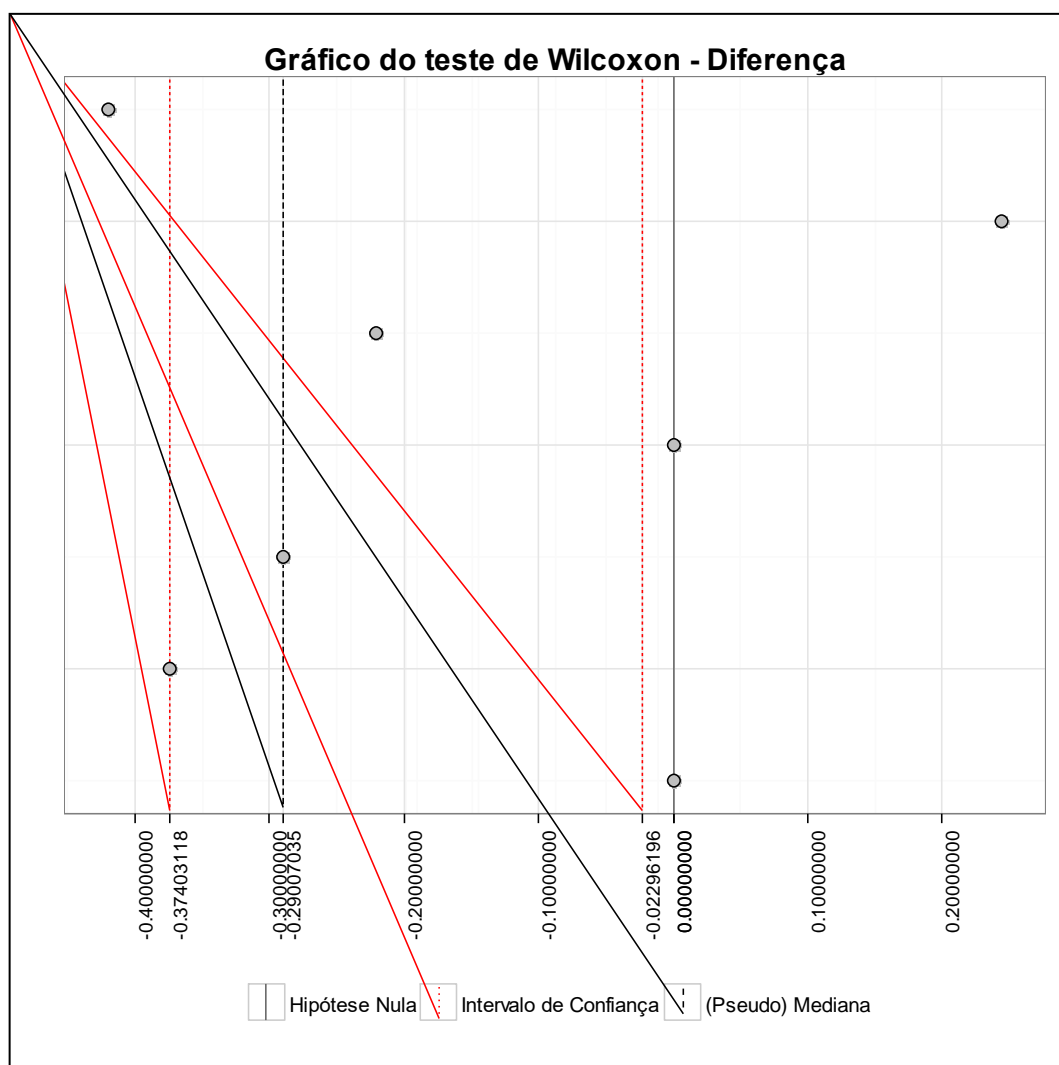
Para a seleção **C** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

C	15	16	18	21	28	30	32
----------	----	----	----	----	----	----	----

Tabela 29 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,177
Limite Inferior	-0,374
(Pseudo) Mediana	-0,290
Limite Superior	-0,022

Gráfico 39 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



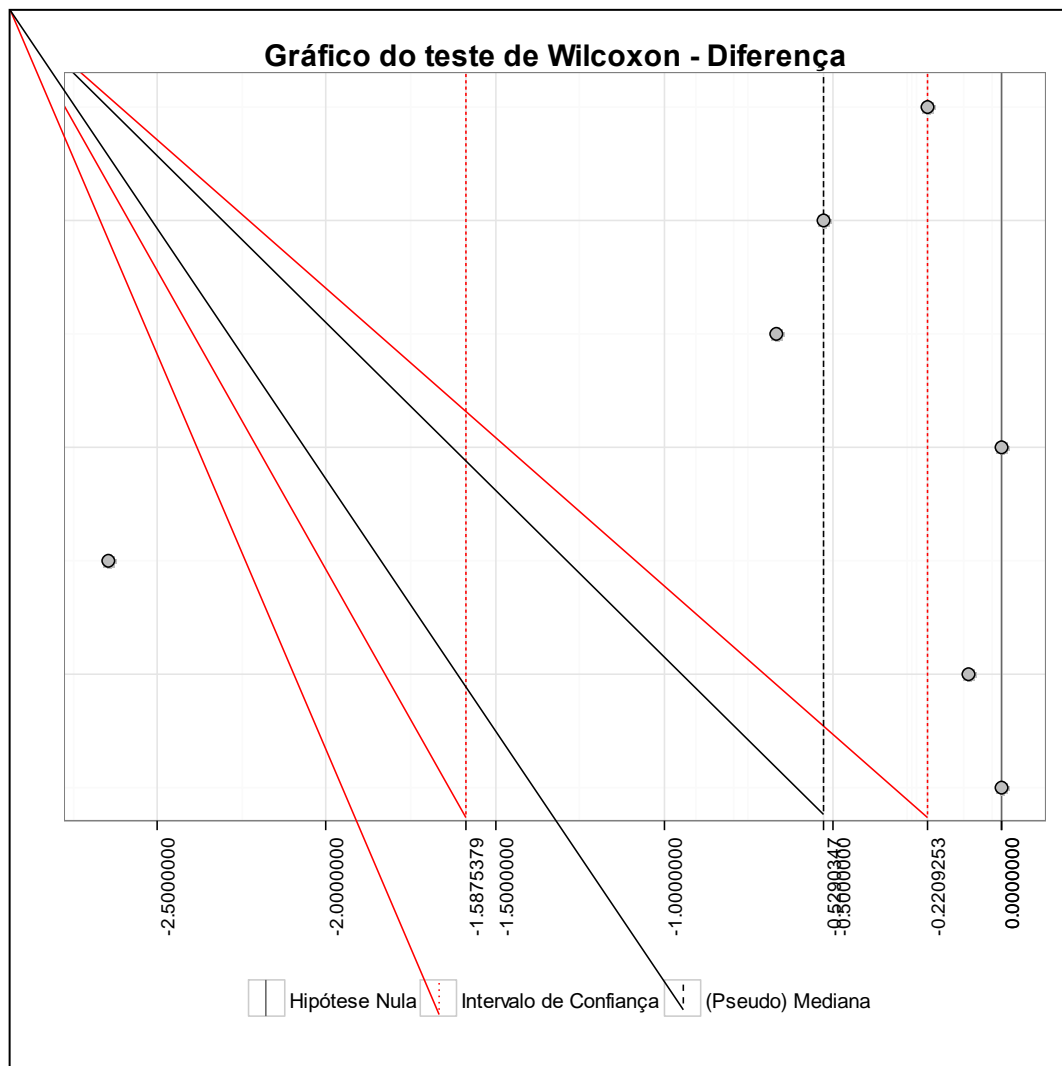
Para a seleção **D** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

D	1	7	8	10	25	27	28
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 30 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,059
Limite Inferior	-1,587
(Pseudo) Mediana	-0,529
Limite Superior	-0,220

Gráfico 40 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



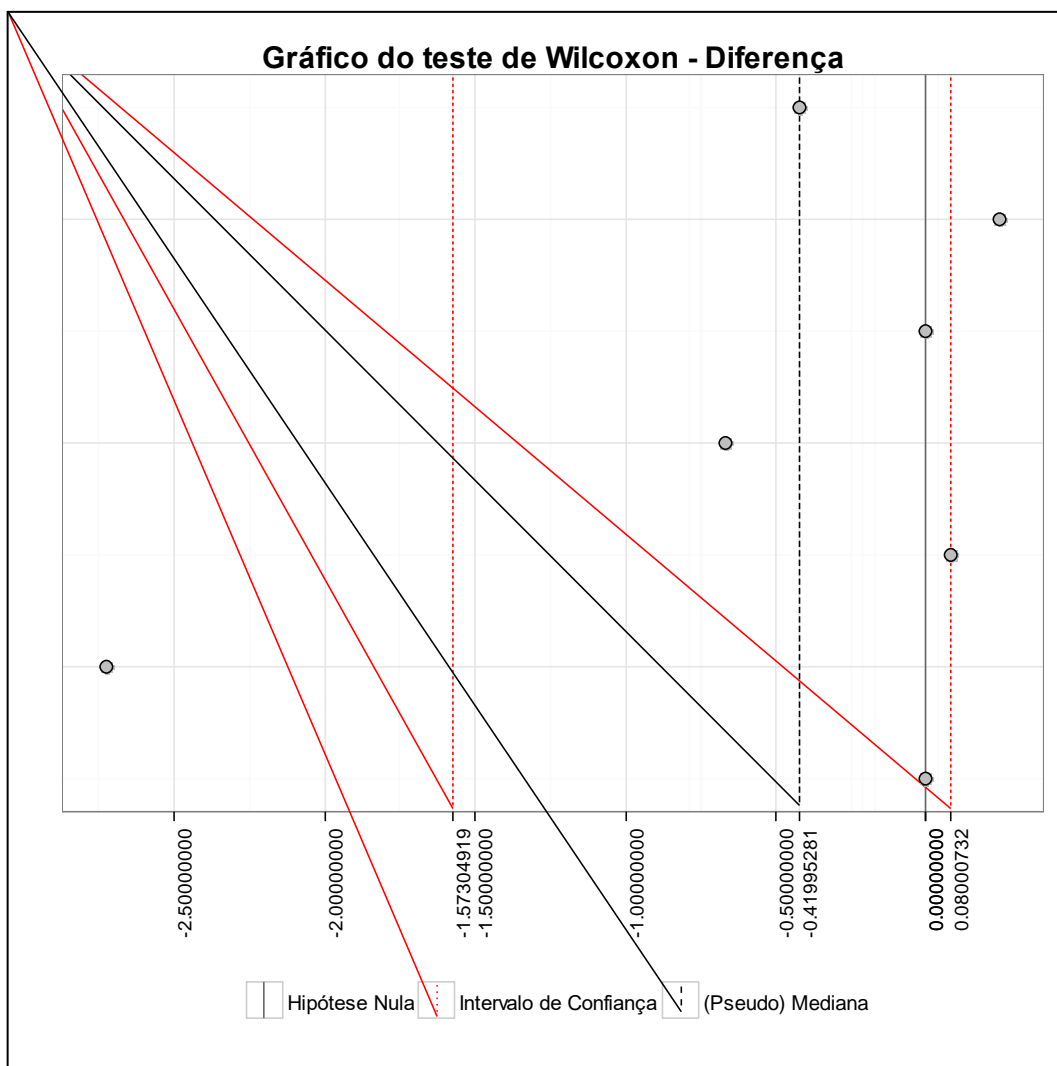
Para a seleção **E** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

E	4	8	17	25	29	31	32
---	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 31 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,280
Limite Inferior	-1,573
(Pseudo) Mediana	-0,419
Limite Superior	0,080

Gráfico 41 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



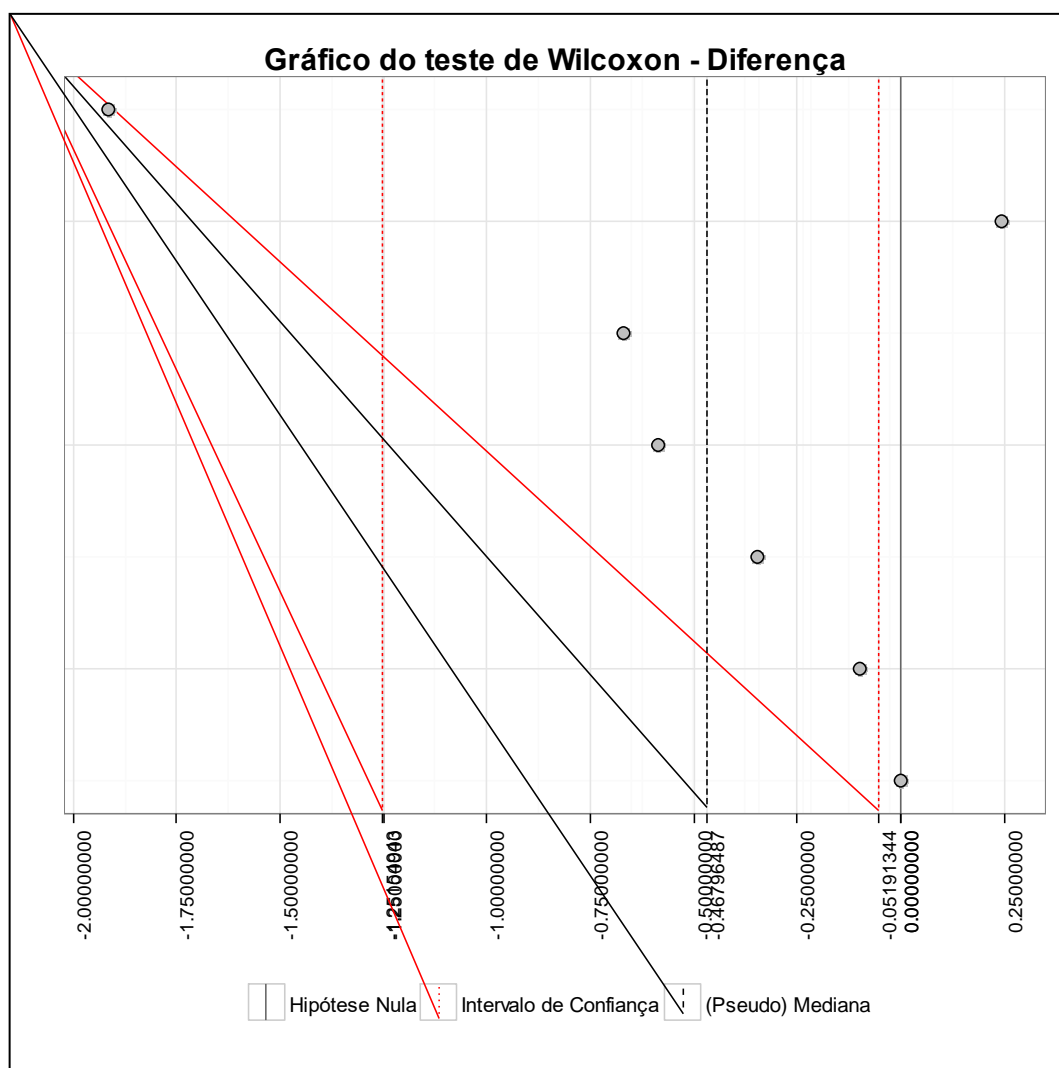
Para a seleção **F** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

F	4	7	9	22	25	31	34
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 32 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,093
Limite Inferior	-1,251
(Pseudo) Mediana	-0,467
Limite Superior	-0,051

Gráfico 42 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



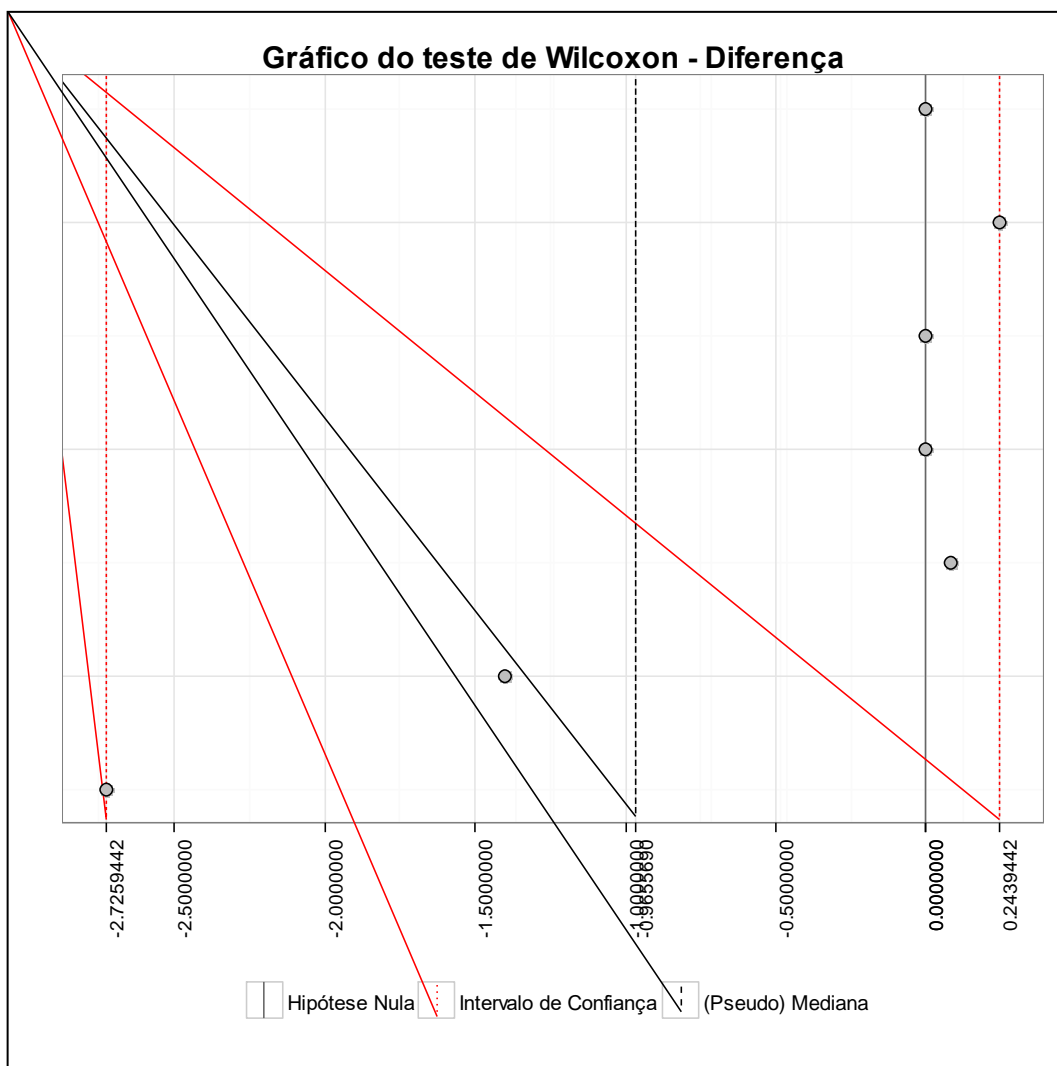
Para a seleção **G** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

G	8	11	12	15	17	24	31
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 33 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,583
Limite Inferior	-2,725
(Pseudo) Mediana	-0,965
Limite Superior	0,243

Gráfico 43 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



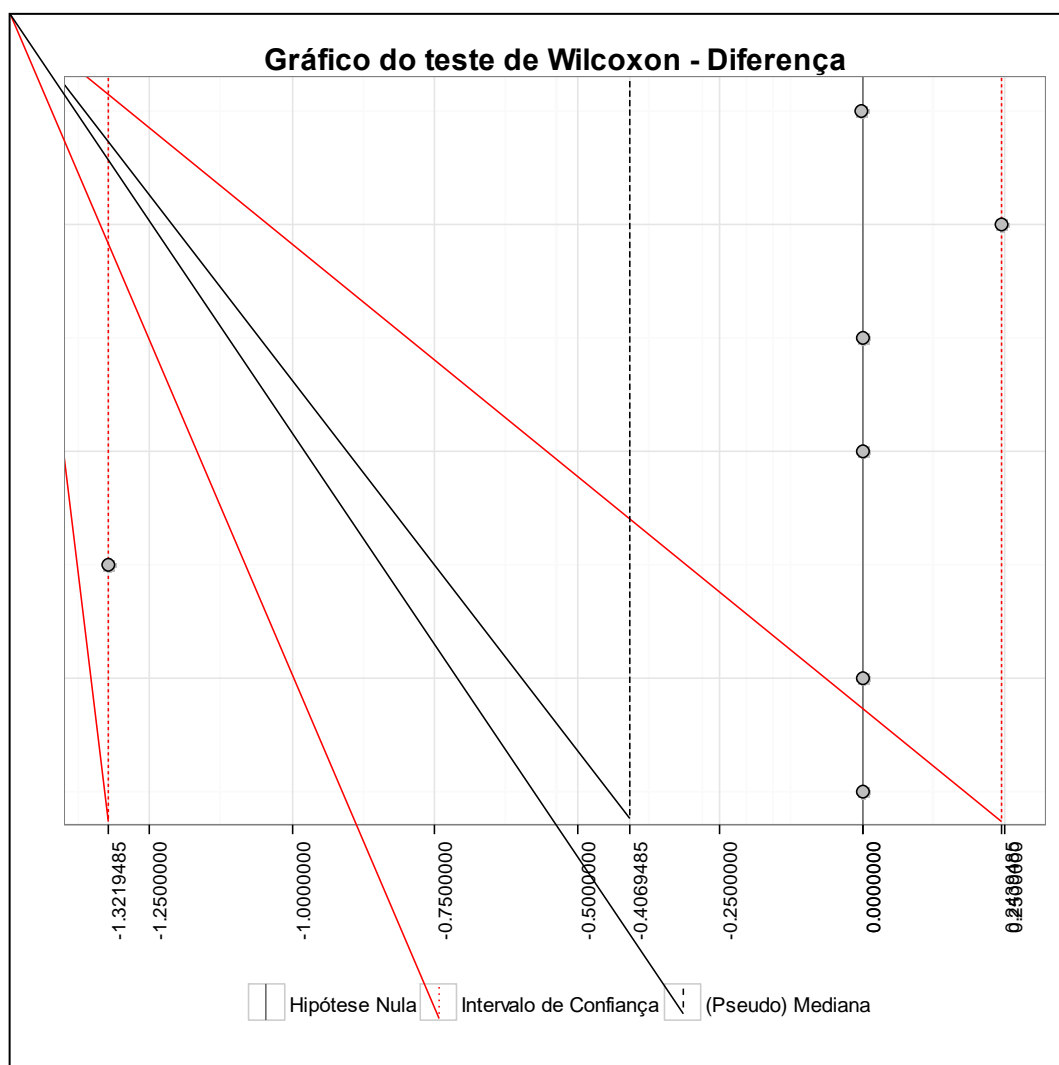
Para a seleção **H** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

H	4	6	11	12	14	20	24
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 34 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,789
Limite Inferior	-1,321
(Pseudo) Mediana	-0,406
Limite Superior	0,243

Gráfico 44 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



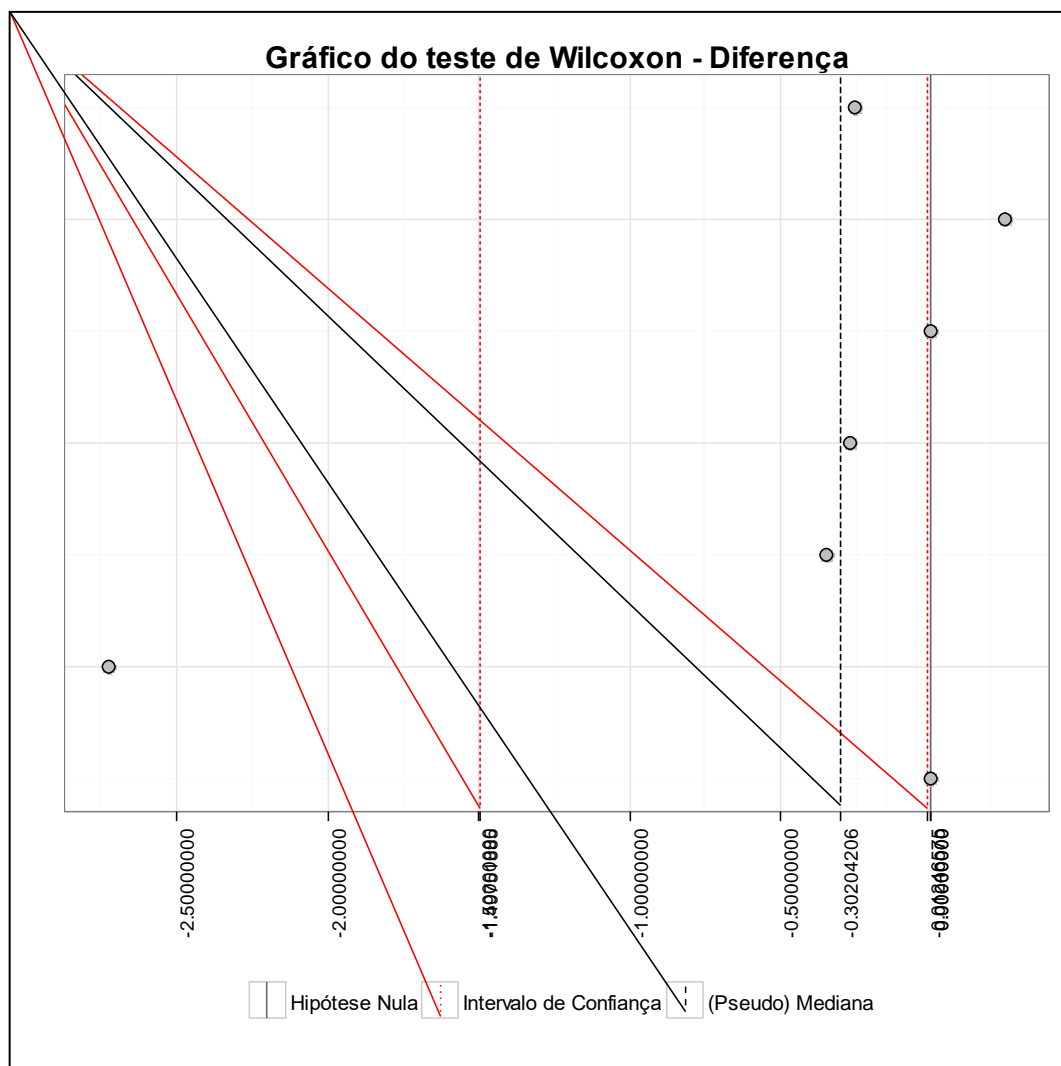
Para a seleção I do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

I	5	8	9	13	15	24	26
---	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 35 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,105
Limite Inferior	-1,497
(Pseudo) Mediana	-0,302
Limite Superior	-0,012

Gráfico 45 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



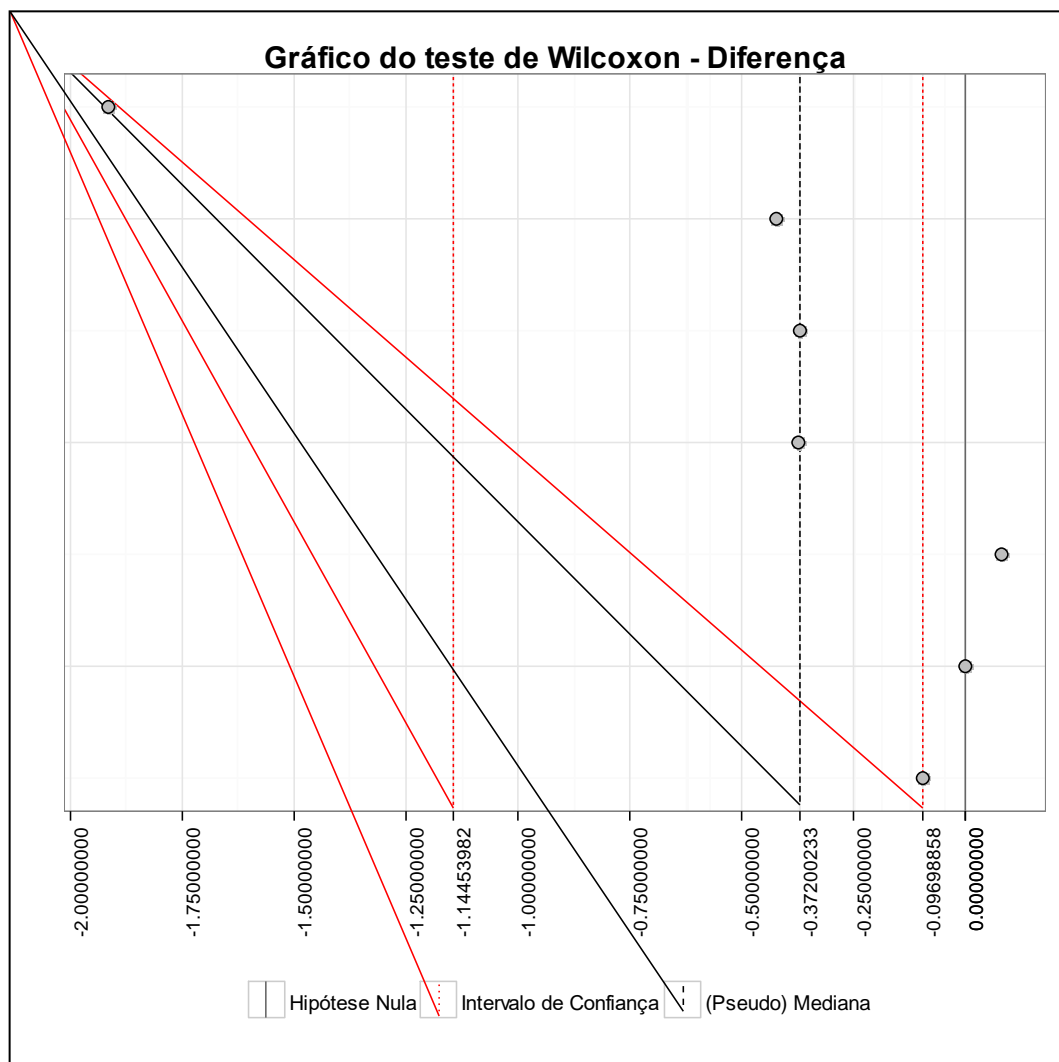
Para a seleção **J** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

J	7	14	15	16	18	25	34
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 36 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Não-Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,059
Limite Inferior	-1,144
(Pseudo) Mediana	-0,372
Limite Superior	-0,096

Gráfico 46 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Não-Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



Por meio da análise das Tabelas 27 a 36 e dos Gráficos 37 a 46 podemos constatar que das dez comparações realizadas para a medida de Pausas Não-Preenchidas do falante entre o dia anterior ao acidente e o dia do acidente houve diferença estatística para duas das comparações (seleções D e J). Ressaltamos, que outras duas comparações apresentaram valores próximos do nível de significância adotado neste estudo (seleções I e F com respectivos p-valores = 0,09 e 0,10).

Os Gráficos 47 e 48 demonstrados a seguir, trazem os resumos desses achados dos p-valores facilitando, assim, a compreensão dos achados.

Gráfico 47 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Não-Preenchidas

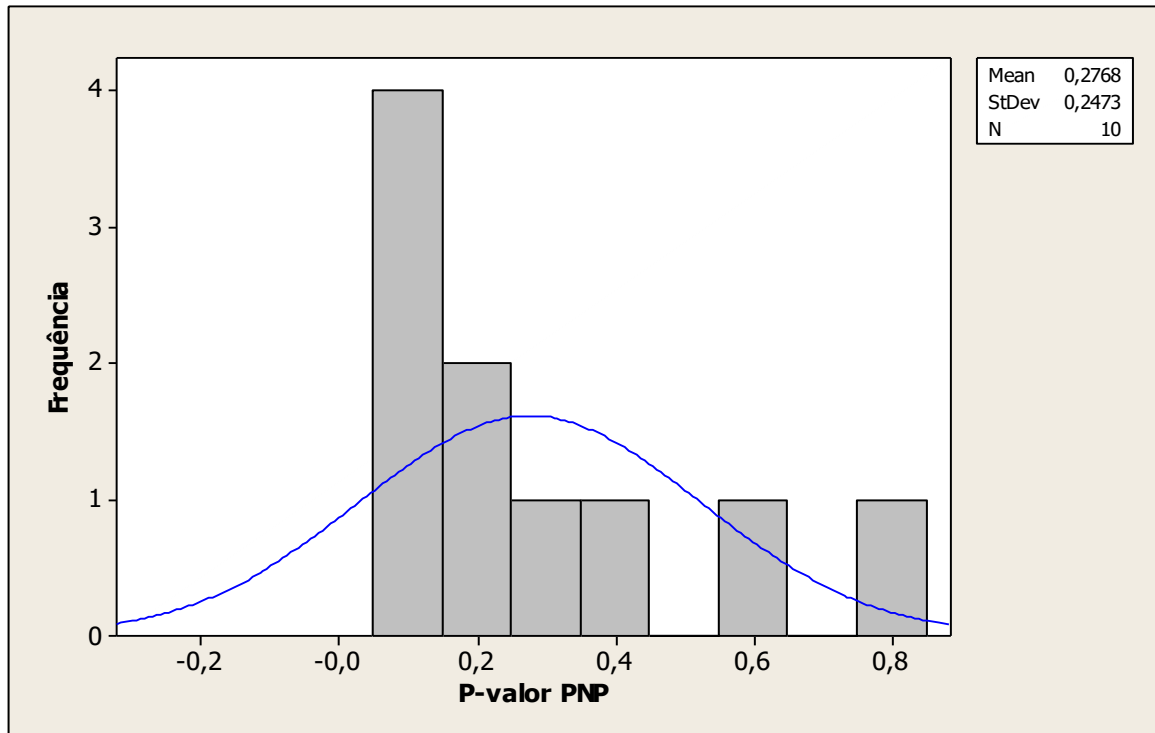
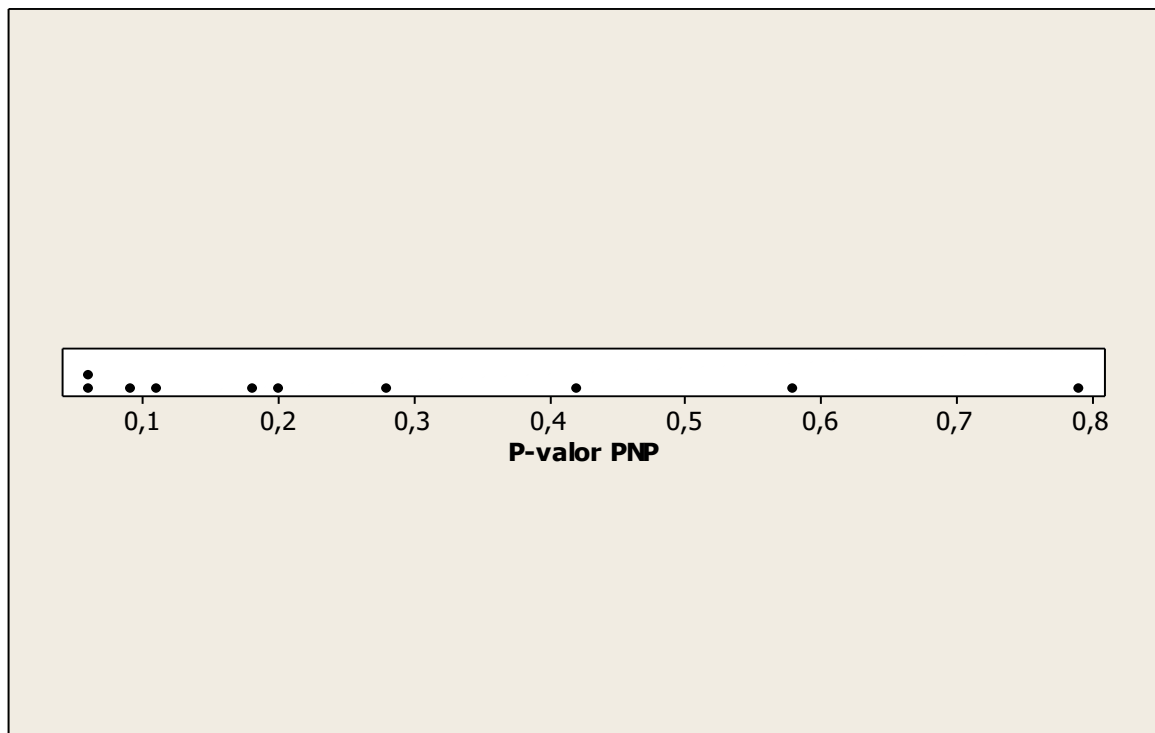


Gráfico 48 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Não-Preenchidas para outro modelo de gráfico



➤ Teste de Wilcoxon para amostras pareadas - Duração das Pausas Preenchidas

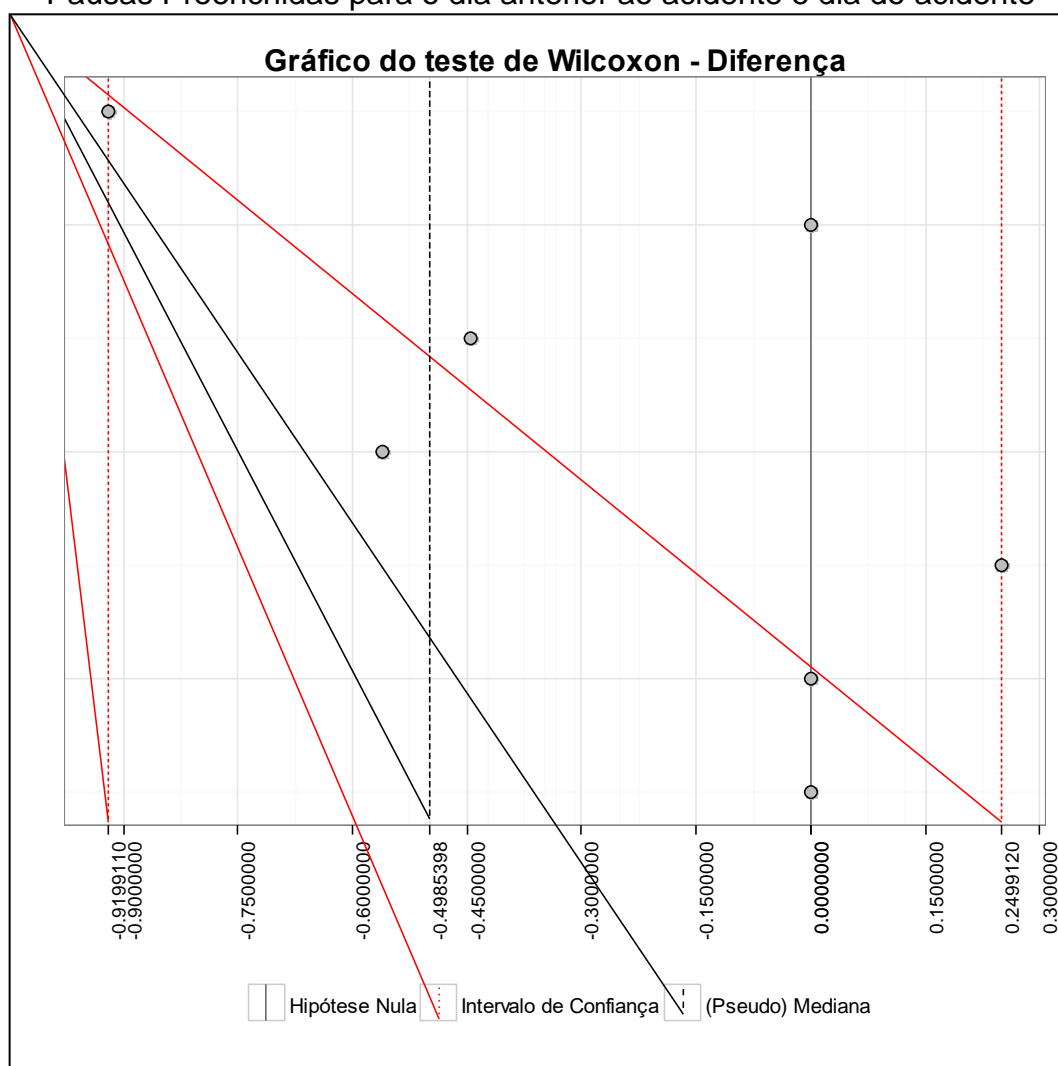
Para a seleção **A** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

A	2	3	4	8	11	20	33
---	---	---	---	---	----	----	----

Tabela 37 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,201
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-0,919
Limite Superior	0,249

Gráfico 49 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



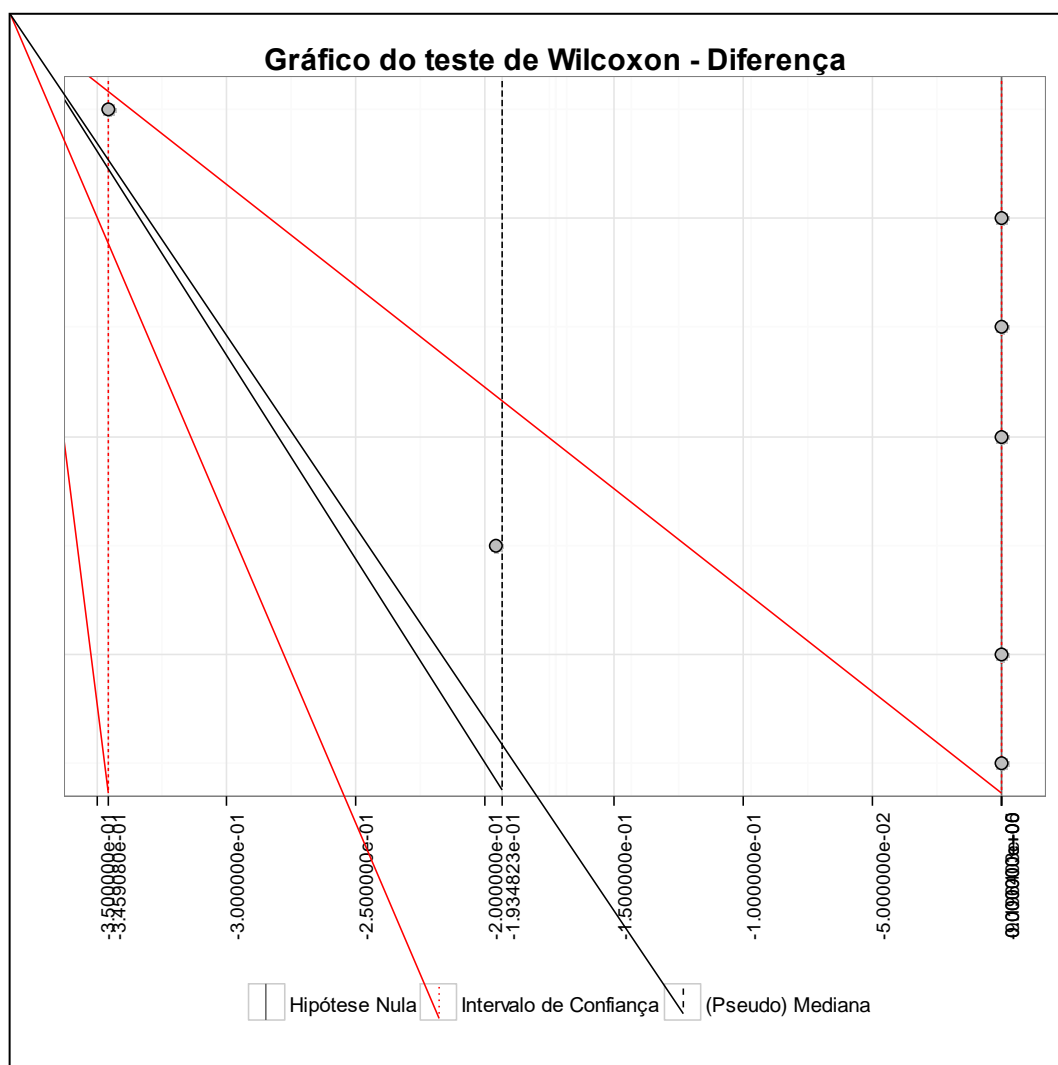
Para a seleção **B** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

B	6	9	11	19	23	31	32
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 38 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,181
Limite Inferior	-0,345
(Pseudo) Mediana	-0,193
Limite Superior	-9,200

Gráfico 50 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



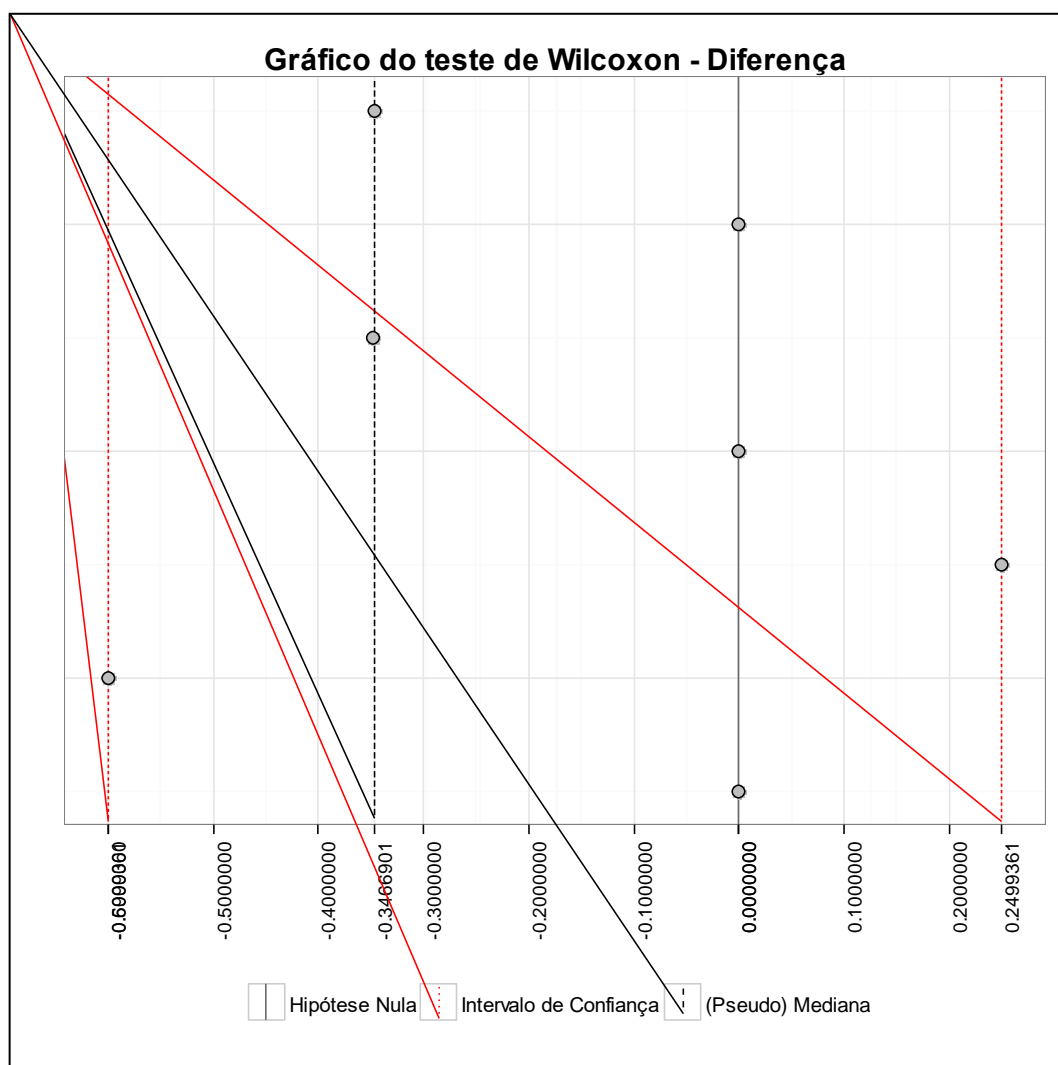
Para a seleção **C** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

C	15	16	18	21	28	30	32
----------	----	----	----	----	----	----	----

Tabela 39 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,201
Limite Inferior	-0,599
(Pseudo) Mediana	-0,346
Limite Superior	0,249

Gráfico 51 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



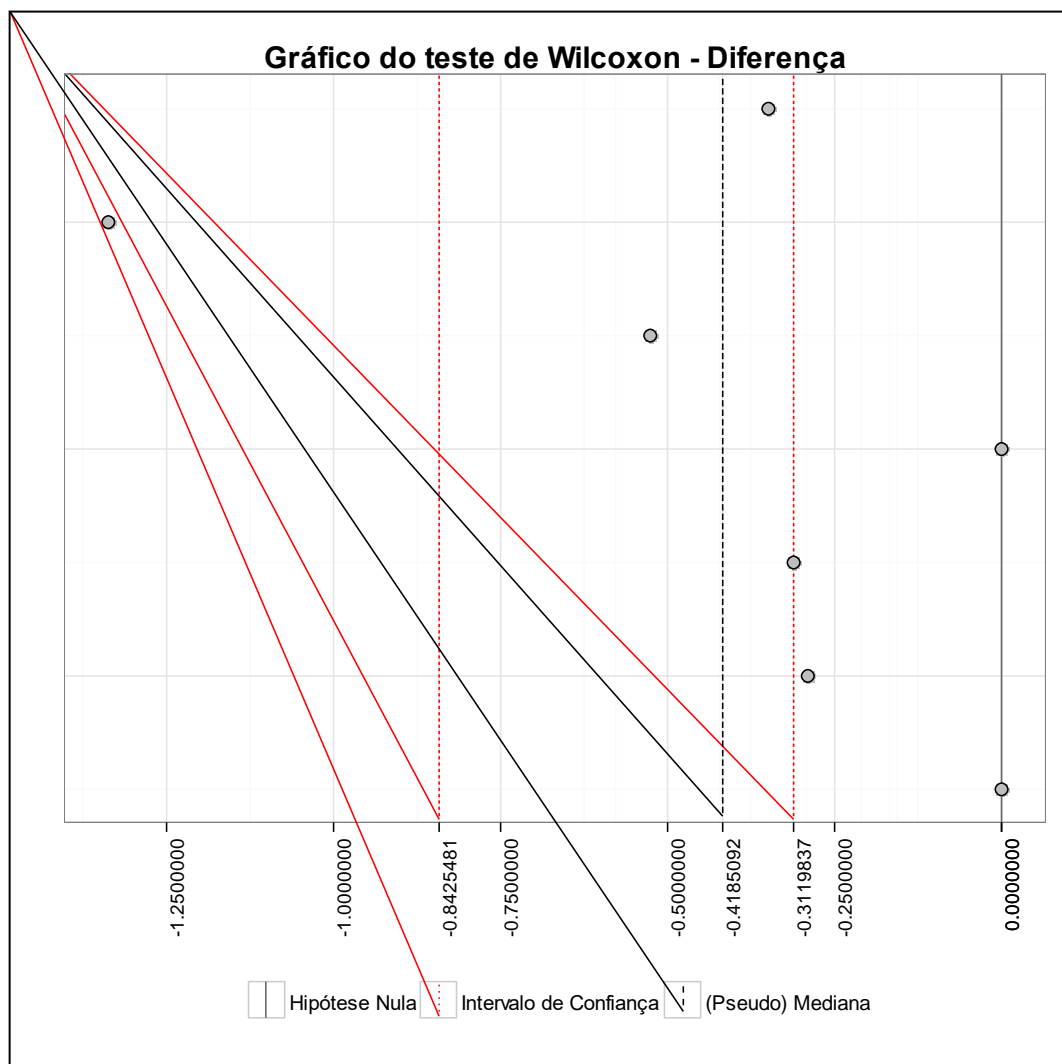
Para a seleção **D** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

D	1	7	8	10	25	27	28
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 40 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,059
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-0,842
Limite Superior	-0,311

Gráfico 52 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



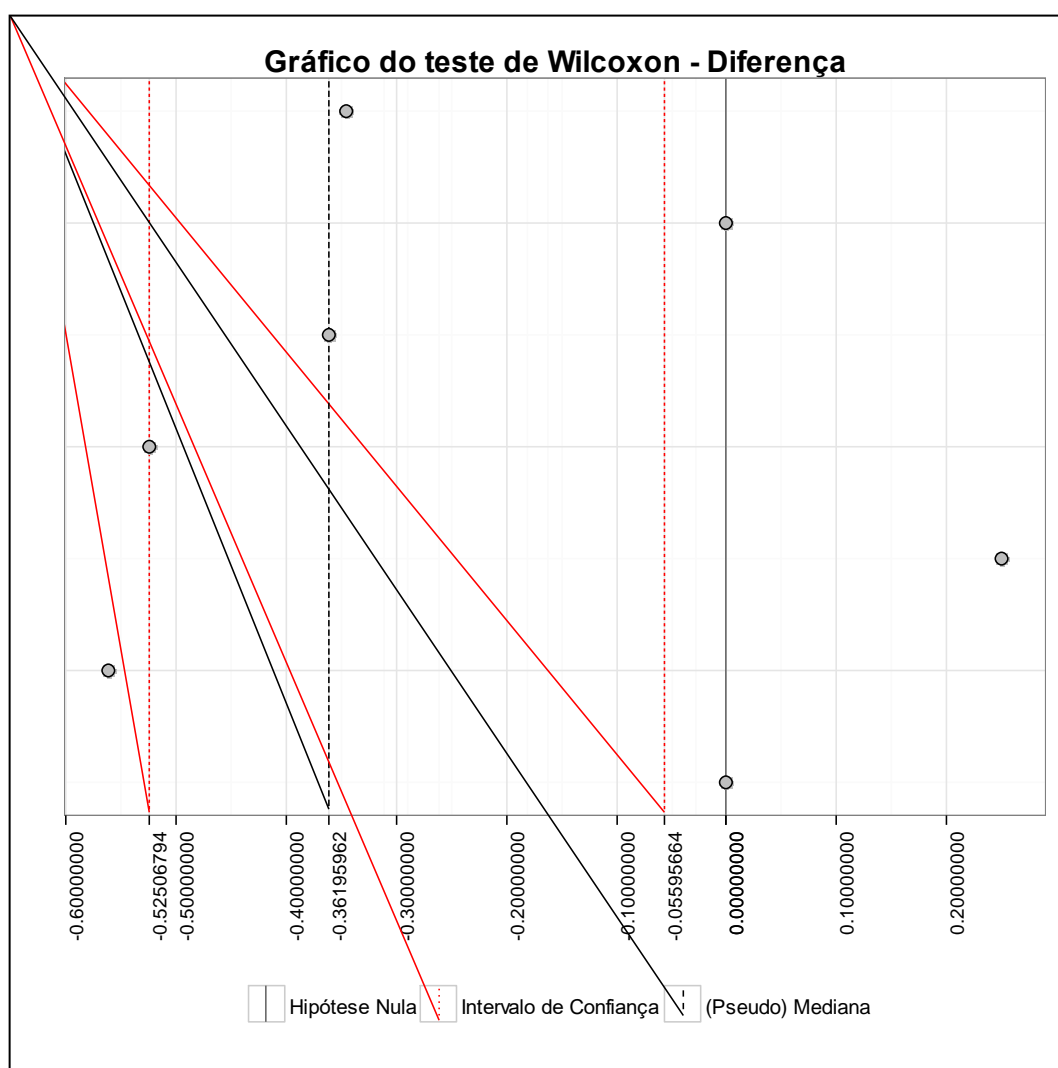
Para a seleção **E** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

E	4	8	17	25	29	31	32
---	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 41 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,105
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-0,525
Limite Superior	-0,055

Gráfico 53 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



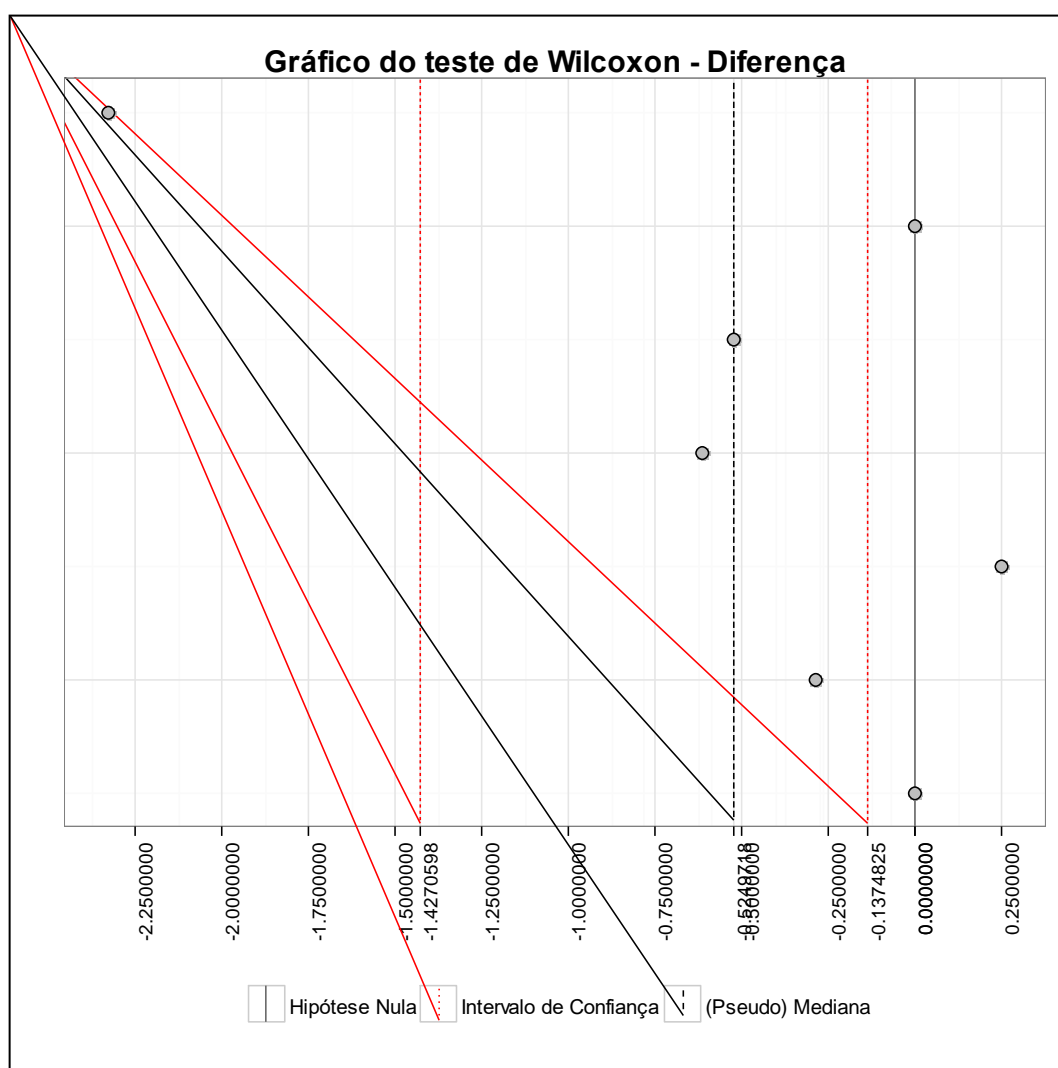
Para a seleção **F** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

F	4	7	9	22	25	31	34
----------	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 42 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,105
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-1,427
Limite Superior	-0,137

Gráfico 54 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



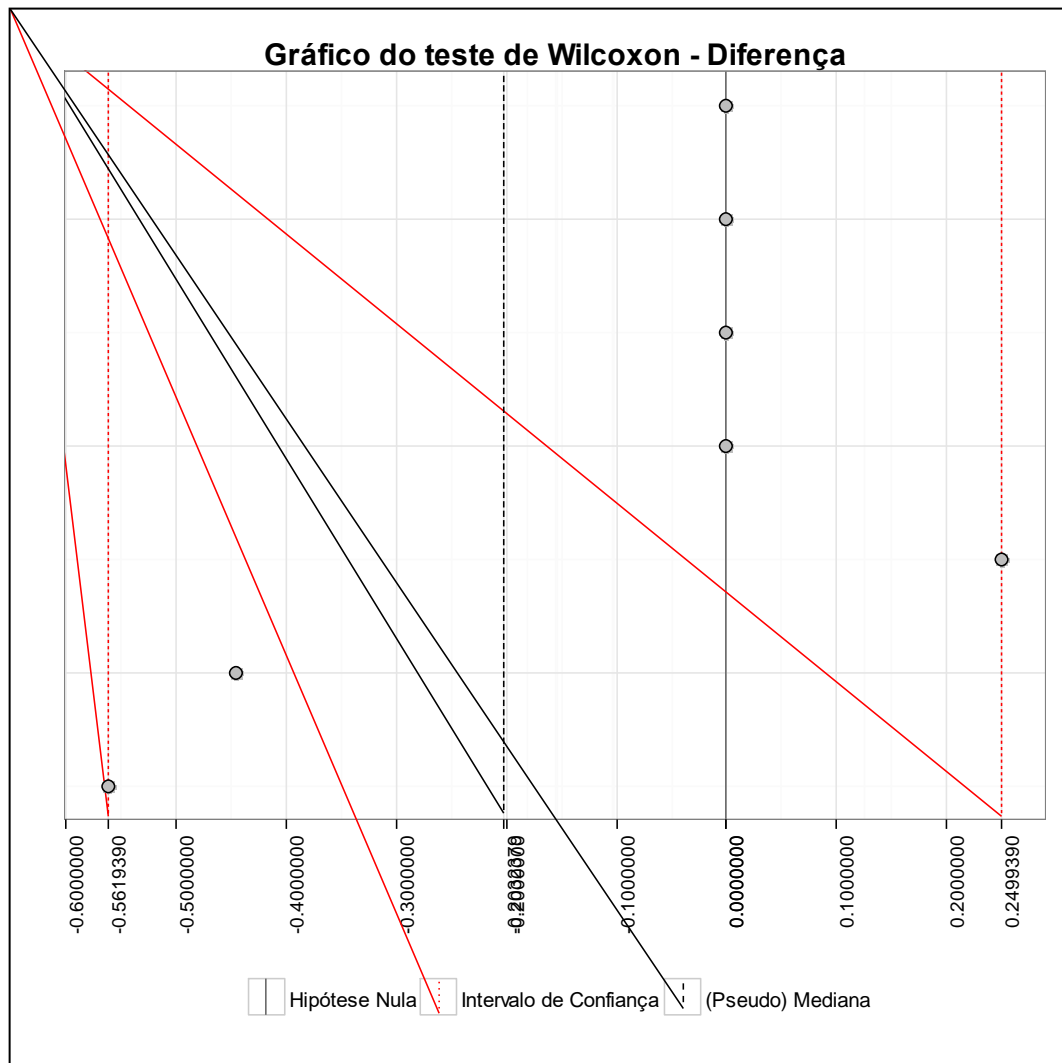
Para a seleção **G** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

G	8	11	12	15	17	24	31
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 43 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,583
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-0,561
Limite Superior	0,249

Gráfico 55 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



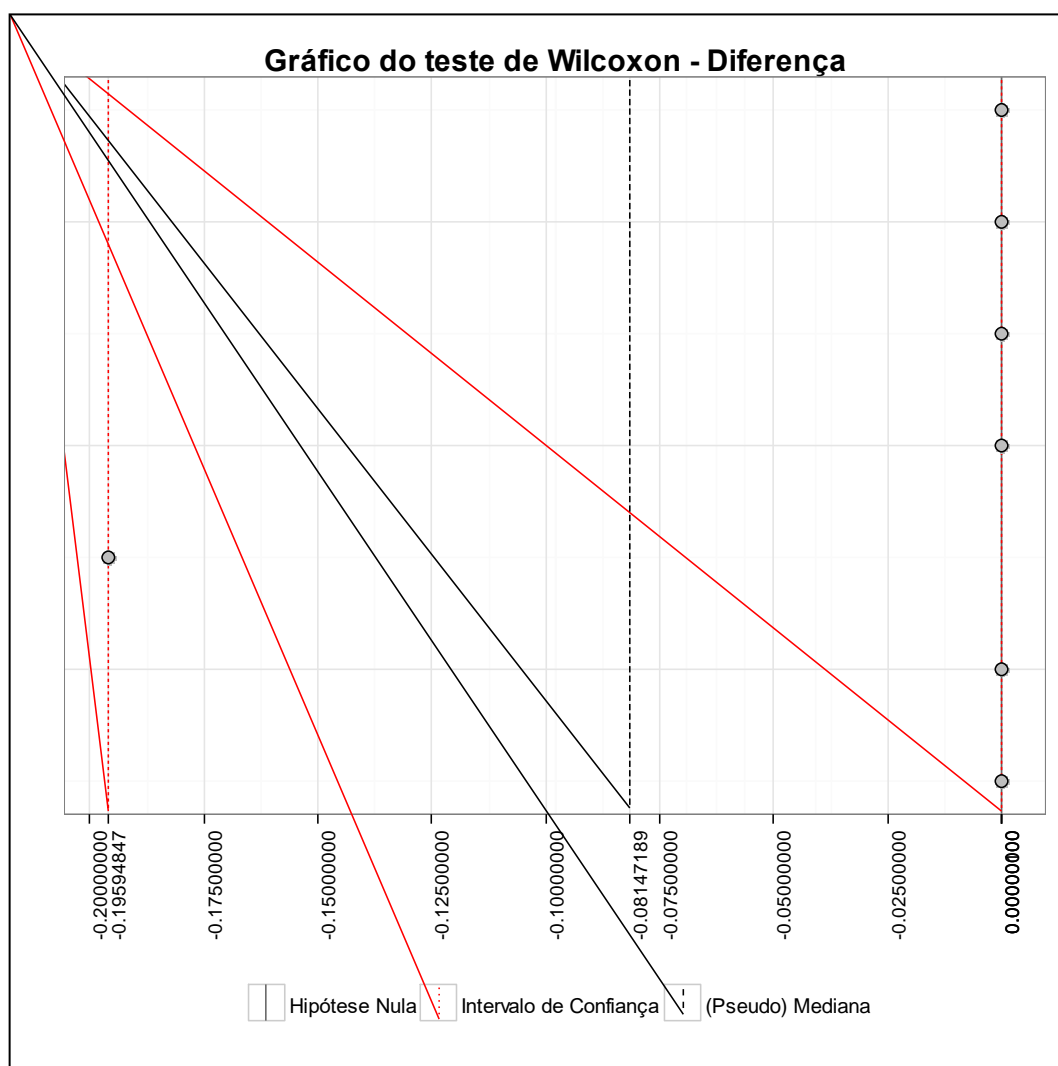
Para a seleção **H** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

H	4	6	11	12	14	20	24
----------	---	---	----	----	----	----	----

Tabela 44 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,586
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-0,195
Limite Superior	1,000

Gráfico 56 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



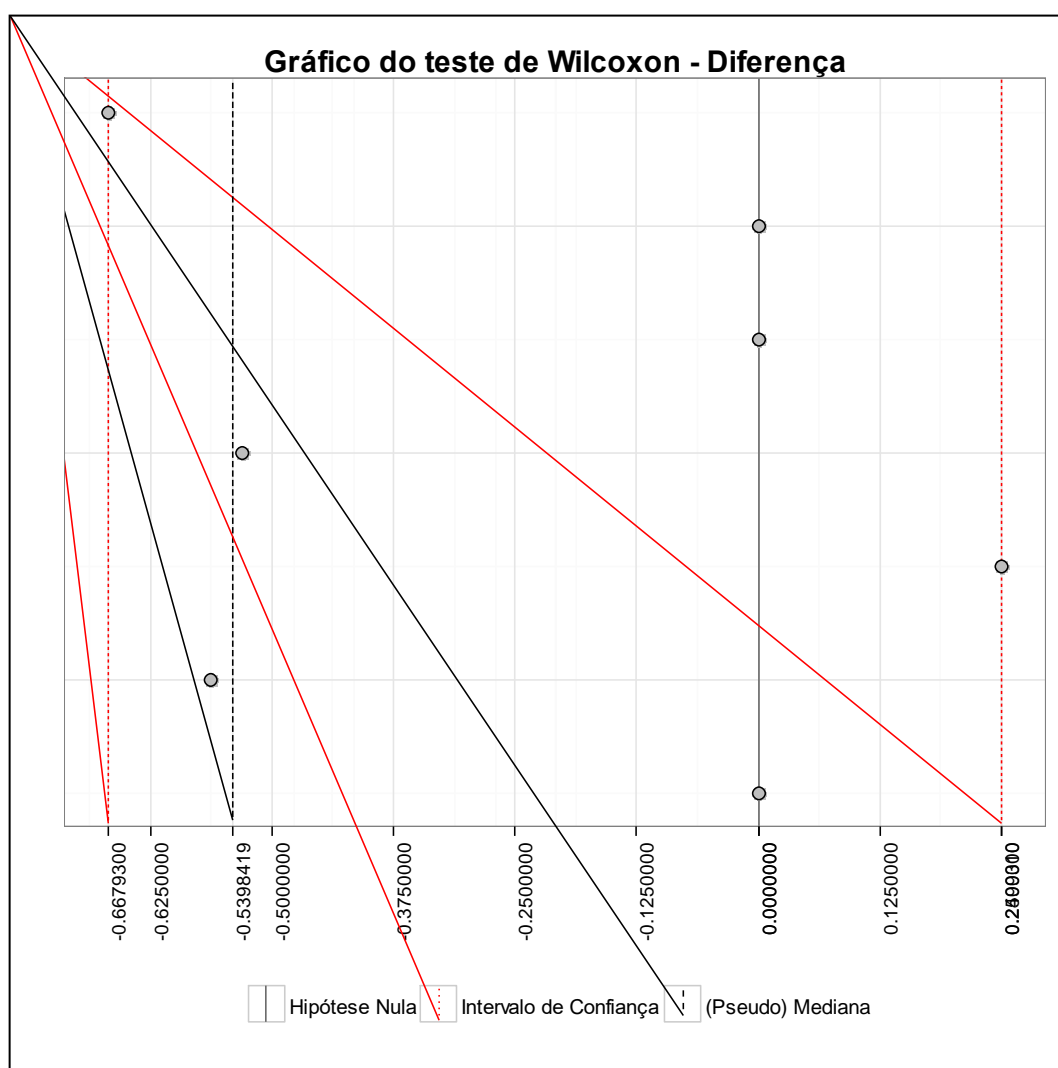
Para a seleção I do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

I	5	8	9	13	15	24	26
---	---	---	---	----	----	----	----

Tabela 45 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,201
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-0,667
Limite Superior	0,249

Gráfico 57 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



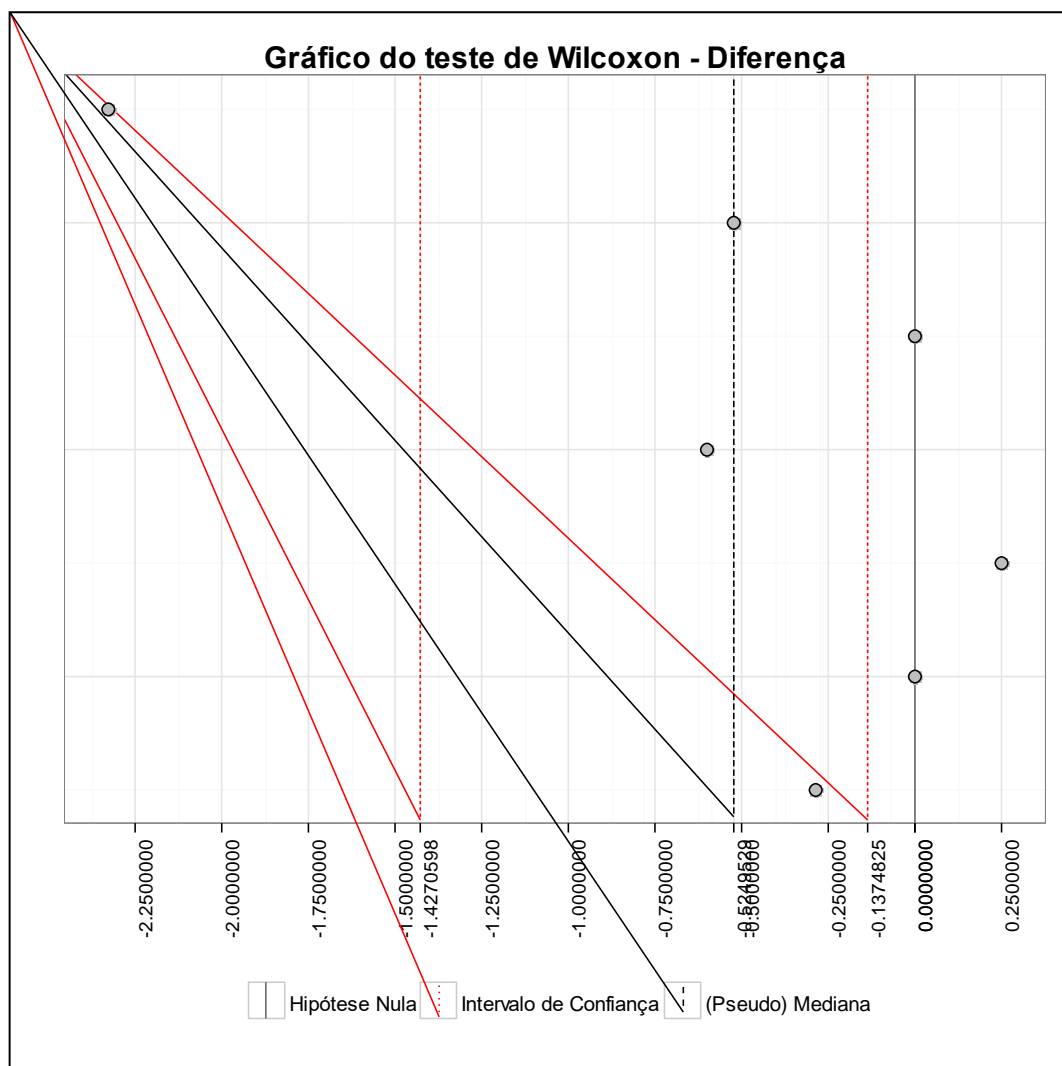
Para a seleção **J** do Quadro 7 tivemos os seguintes resultados estatísticos:

J	7	14	15	16	18	25	34
----------	---	----	----	----	----	----	----

Tabela 46 - Significância, Limites e Mediana da comparação entre o dia anterior ao acidente com o dia do acidente para Duração das Pausas Preenchidas

Tabela da Estatística do Teste (Wilcoxon)	
Informações	Valores
P-valor	0,105
Limite Inferior (Pseudo) Mediana	-1,427
Limite Superior	-0,137

Gráfico 58 - Representação dos intervalos de confiança estimados da Duração das Pausas Preenchidas para o dia anterior ao acidente e dia do acidente



Por meio da análise das Tabelas 37 a 46 e dos Gráficos 49 a 58 podemos constatar que das dez comparações realizadas para a medida de Pausas Preenchidas do falante entre o dia anterior ao acidente e o dia do acidente houve diferença estatística para uma das comparações (seleção D). Ressaltamos, que outras três comparações apresentaram valores próximos do nível de significância adotado neste estudo (seleções E, F e J todas com p-valores = 0,10).

Os Gráficos 59 e 60 demonstrados a seguir, trazem os resumos desses achados dos p-valores facilitando, assim, a compreensão dos achados.

Gráfico 59 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Preenchidas

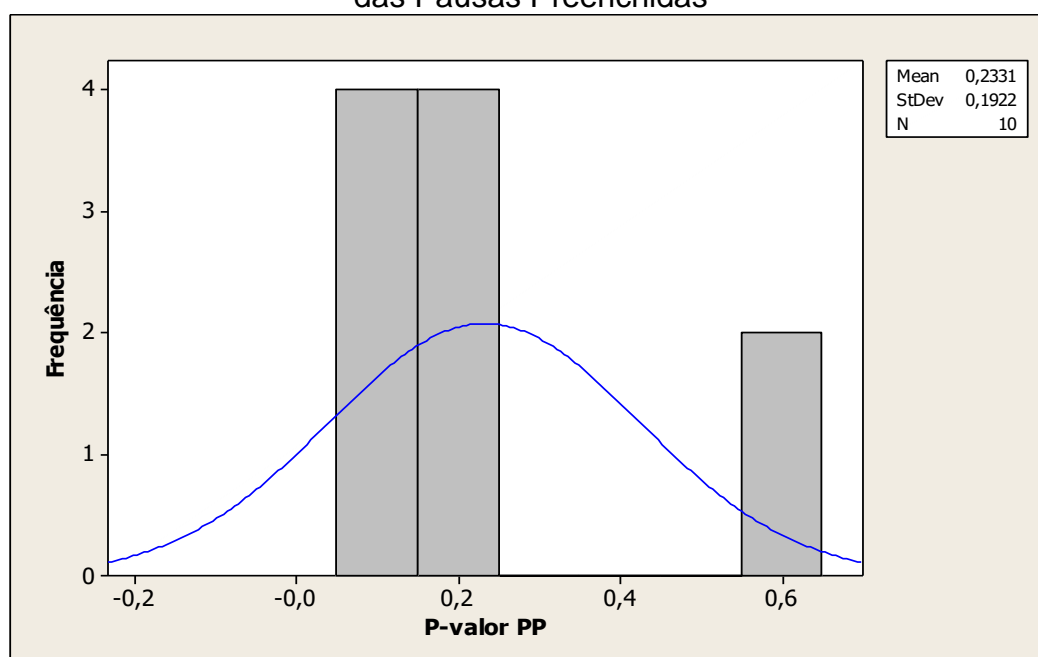
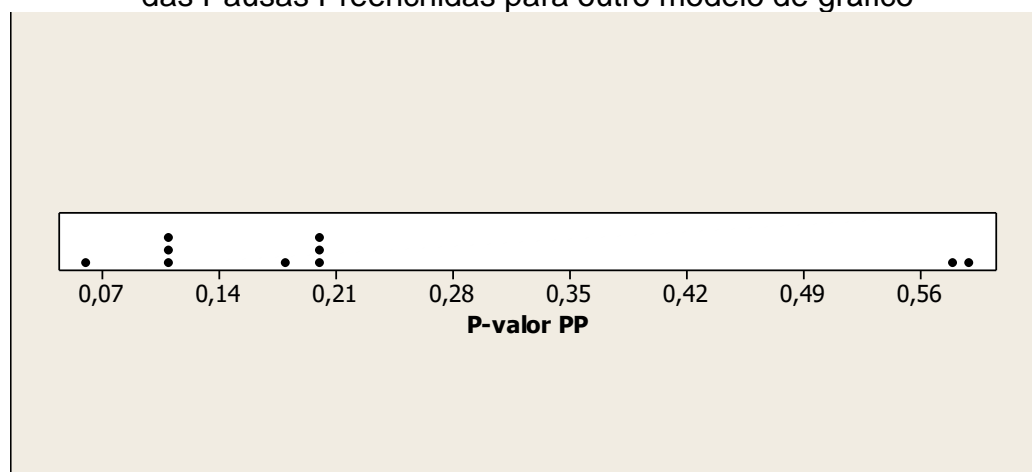


Gráfico 60 - Representação do resumo dos p-valores encontrados para a Duração das Pausas Preenchidas para outro modelo de gráfico



4.3 – Subestudo 3 – Comparação das variações de voz e fala de aviador em dia de descanso e as ocorridas ao longo de voo com desfecho fatídico

Este subestudo teve como objetivo analisar os efeitos da expressão de emoções sobre a voz, fala e fluência de um aviador em situação real de acidente aeronáutico e sem queixa/suspeita de fadiga e sonolência. Para tanto, foram extraídos dados da comunicação entre o piloto e a torre de controle, armazenados no CVR (*Cockpit Voice Recorder*) da aeronave no dia do acidente, e comparados às suas amostras de fala em dias anteriores. Salienta-se que o aviador pilotava em dia de chuva intensa, tendo relatado dificuldade para pouso devido às más condições de visibilidade. Para as análises, seguiu-se o roteiro de avaliação dos parâmetros acústicos das emoções de Scherer (1986). Tais análises se embasaram, ainda, na concepção de que o estado emocional influencia o falante, causando variações decorrentes de respostas fisiológicas eliciadas no indivíduo pelas emoções. Essas variações, por sua vez, ocasionam alterações na respiração, fonação e articulação, processos diretamente relacionados à voz, fala e fluência. As emoções são produzidas a partir de uma avaliação cognitiva automática do indivíduo sobre eventos externos e internos considerados relevantes para seus interesses e necessidades. Também são caracterizadas por um alto grau de sincronização de subsistemas do organismo (cognitivo, motivacional, fisiológico e motor). Por meio deste estudo, verificou-se que, na data do acidente, o piloto apresentou variações da voz, fala e fluência como aumento da taxa de articulação, *pitch* agudo em comparação aos dias anteriores ao acidente e ao padrão de normalidade para falantes brasileiros do sexo masculino, incoordenação pneumofonoarticulatória, qualidade vocal tensa, fala ofegante e voz trêmula. Considerando-se estudos sobre a metodologia dos parâmetros acústicos e clínicos para avaliação da expressão de emoções, é possível inferir que o piloto apresentava traços de apreensão/preocupação e ansiedade variando até o temor no áudio do dia do acidente, sobretudo, no instante imediatamente anterior ao impacto.

As emoções são estudadas em diversas áreas científicas como Psicologia, Neurociência, Psiquiatria e Antropologia. Pesquisas neurocientíficas mostraram não

apenas que as emoções têm suas origens na atividade cerebral, mas que diferentes emoções exibem padrões diferentes de atividade neural (SOLOMON, 2017).

➤ **Achados e discussões**

Do ponto de vista aristotélico, as emoções são todos aqueles sentimentos que mudam os homens a ponto de afetar seus julgamentos e que são acompanhados de dor ou prazer. Tais são raiva, piedade, medo e afins, com seus opostos. A emoção é, de fato, uma categoria heterogênea que abrange uma ampla variedade de fenômenos psicológicos importantes. Algumas emoções são muito breves e quase inconscientes, como um súbito rubor de constrangimento ou uma explosão de raiva. Outras, como o amor ou o ressentimento podem ser duradouras. Uma emoção pode ser profunda, no sentido de que é essencial para a sobrevivência física ou para a saúde mental, ou pode ser trivial ou disfuncional. Uma emoção pode ser socialmente apropriada ou inapropriada. Pode até ser socialmente obrigatória - por exemplo, sentir remorso após cometer um crime ou sentir pesar em um funeral (ARISTÓTELES, 2000; SOLOMON, 2017).

Como Aristóteles e os teólogos medievais entenderam muito bem, as emoções são essenciais para uma existência humana saudável. Enquanto algumas emoções podem sair do controle e prejudicar o bem-estar pessoal e as relações sociais, a maioria das emoções é funcional e adaptativa. As emoções motivam o comportamento moral (assim como o imoral) e desempenham um papel essencial na criatividade e na curiosidade científica. As emoções, assim como os sentidos físicos, moldam os processos básicos de percepção e memória e influenciam as maneiras pelas quais as pessoas concebem e interpretam o mundo ao seu redor (ARISTÓTELES, 2000; SOLOMON, 2017).

As emoções são estruturadas de várias maneiras: por sua neurologia subjacente, pelos julgamentos e avaliações que entram nelas, pelo comportamento que as expressa ou manifesta e pelos contextos sociais mais amplos em que ocorrem. Assim, pode-se dizer que uma emoção é um fenômeno neuro-fisiológico-comportamental-avaliativo-experiencial-social. Diferentes emoções irão manifestar

tais estruturas em diferentes graus e de diferentes maneiras, dependendo do tipo e das circunstâncias (SOLOMON, 2017).

Darwin (1872) observou a notável semelhança entre as expressões emocionais de muitos mamíferos e humanos. Assim, ele postulou tanto uma explicação evolucionista da similaridade, quanto uma tese antropológica de que as expressões faciais da emoção, como as da raiva, surpresa e medo, são universais nos seres humanos. Na década de 1960, o psicólogo americano Paul Ekman tentou refutar a tese antropológica de Darwin, mas descobriu, para sua consternação inicial, que isso era confirmado pela crescente evidência intercultural (EKMAN, 1992; SOLOMON, 2017).

Em 1986 Scherer propôs um modelo conhecido como “modelo de processo componencial” por meio do qual tenta explicar o processo de avaliação cognitiva de um indivíduo. O viés do modelo é cognitivista somado a uma visão evolucionista das emoções, pois, para o pesquisador, as respostas emocionais têm também o papel de contribuir para a sobrevivência dos indivíduos. Nesse modelo, a emoção é vista como um processo e como resposta adaptativa de vários subsistemas (ou componentes).

Segundo o pesquisador, os diversos subsistemas de processamento de informação do indivíduo (cognitivo, motivacional, fisiológico e motor) realizam uma checagem contínua dos estímulos internos e externos por meio de critérios definidos (SCHERER, 1986).

As consequências dessas checagens sobre os parâmetros acústicos da voz e da fala são exemplificadas nas seguintes etapas: 1 – um indivíduo que avalia um estímulo como perigoso tem um impacto sobre a frequência fundamental da voz que se torna aumentada. Isso se dá por resposta do Sistema Nervoso Central (SNC) que aumentaria a tensão muscular e a taxa de vibração das pregas vocais. 2 – A salivação tende a diminuir também por reação do SNC impactando nas frequências de ressonância do trato vocal (formantes) fazendo com que o *pitch* (ligado à frequência fundamental f_0) soe mais agudo. (SCHERER, 1986).

Para Chung (2000) e Fónagy (1993), as emoções pertencem a um nível mais elementar e instintivo da linguagem chegando mesmo a contrariar a arbitrariedade sendo, portanto, menos convencionais. Fónagy (1993) afirma, ainda, que as emoções são manifestações psíquicas do indivíduo e advêm da pulsão.

De acordo com Martins (2004), as emoções básicas ou primárias são universais e inatas sendo que alguns exemplos dessas seriam: a alegria, a tristeza, a raiva e o medo.

Ainda segundo Martins (2004), as emoções se distinguiriam por seus graus de intensidade e combinações entre elas. Para os graus de intensidade exemplificamos as emoções primárias citadas anteriormente:

- (i) animosidade, exasperação, irritabilidade, **raiva**, ira, fúria e ódio;
- (ii) vivacidade, contentamento, empolgação, **alegria**, deleite, felicidade e êxtase;
- (iii) dissabor, desgosto, lamento, **tristeza**, amargura, melancolia e luto;
- (iv) apreensão, receio, temor, **medo**, horror, terror e pavor.

Para Viola (2008), as emoções da categoria (iv) (medo) têm como correlatos fonético-acústicos: aumento de f_0 médio, da extensão de f_0 e do nível do *pitch* com redução dos intervalos melódicos; aumento da taxa de elocução; voz irregular por alteração respiratória; articulação melhor definida; e intensidade que tende a ser baixa com grande variabilidade (exceto no pânico, quando a intensidade fica elevada). Para as formas mais suaves dessa categoria de emoção, como preocupação ou ansiedade, há discordância na literatura científica com relação à energia de alta frequência, pois alguns autores observam extensão e outros não. Essas duas últimas categorias também apresentam característica de finalização do enunciado com inspiração ruidosa e constrição laríngea (VIOLA, 2008).

Para a realização deste subestudo, foi recebido um DVD-R da marca PLASMON, durante reunião no CENIPA, cujo conteúdo refere-se a um arquivo de áudio contendo quatro canais distintos de gravação (quatro amostras distintas de áudio) e um arquivo de transcrição de conteúdo de áudio em MS-Word.

Considerando os cuidados necessários para a confidencialidade dos dados à época, utilizou-se, para a avaliação e análise pericial dos materiais, um notebook da marca HP, Core Duo sem placa de rede para impossibilitar a interceptação dos dados via Internet. Foram utilizados, ainda, os seguintes recursos: sistema operacional *Windows XP*, *Office 2007* profissional, *Adobe Audition 3*, *PRAAT* versão 5.3.85, *Gram 5.7*, *Adobe Soundbooth* e fone de ouvido da *BEATS* modelo *PRO*.

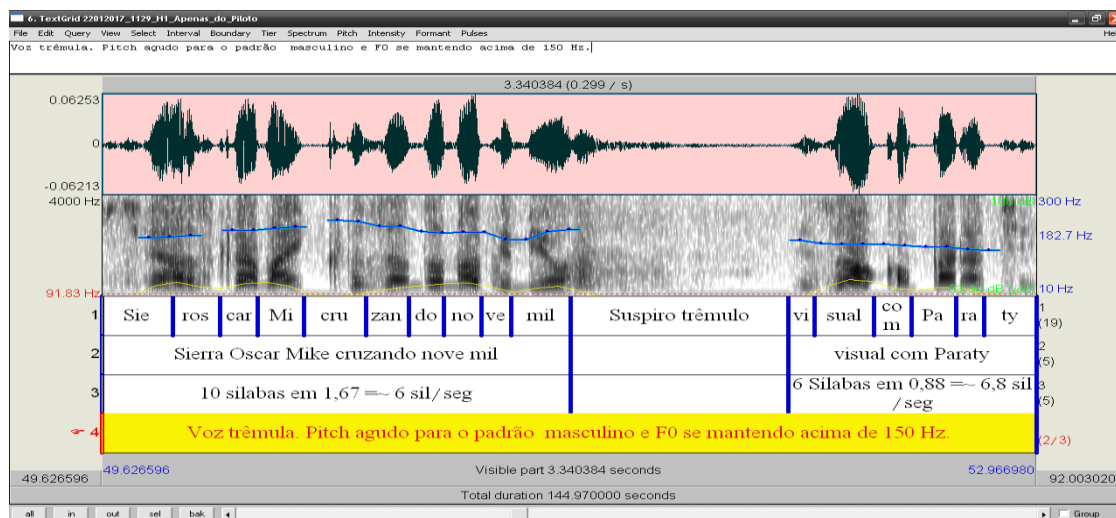
A seguir serão apresentados achados acústicos e clínicos do canal de áudio que captava os diálogos do piloto com o controle de tráfego aéreo.

Salienta-se que não foram utilizados símbolos fonéticos nas transcrições dos trechos para facilitar a compreensão dos leitores não especialistas em Ciência da Fala sobre os enunciados proferidos. A divisão silábica utilizada foi fonética e as transcrições das sílabas também não seguiram fielmente a norma culta do Português, tendo em vista que o objetivo era o de aproximar a transcrição da produção oral realizada pelo piloto.

Ressalta-se também que o piloto era do gênero masculino, tinha 56 anos de idade, sem histórico de doenças, e que no exame toxicológico *post-mortem* não foram encontrados traços de substâncias entorpecentes do SNC.

Por meio da imagem espectrográfica a seguir (Figura 15), podemos verificar trechos em que o piloto apresenta taxa de elocução normal para levemente aumentada (6 a 6,8 síl/seg) e f_0 alto durante a fala encadeada. Além desses parâmetros acústicos citados, constata-se *pitch* agudo para o padrão masculino brasileiro e também em comparação ao seu próprio padrão (trechos da sua fala anteriores ao dia do acidente), incoordenação pneumofonoarticulatória (alteração na coordenação entre a respiração e articulação) e qualidade vocal tensa durante todo o percurso do voo no dia do acidente, acentuando-se no trecho demonstrado a seguir, sendo que, nesse trecho, a voz apresenta-se levemente trêmula. O falante se apresenta ofegante durante todo o percurso da viagem, sendo que há um momento de acentuação também no trecho demonstrado a seguir.

Figura 15 - Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1134,14 segundos (18'54") do canal de áudio denominado "22012017_1129_H3"



Os espectrogramas a seguir (Figuras 16 e 17) referem-se ao penúltimo trecho de fala do piloto antes do impacto. Podemos observar que, semelhantemente ao primeiro trecho apresentado, o piloto apresenta taxa de elocução normal, taxa de articulação normal para levemente aumentada, f_0 alto, *pitch* agudo, incoordenação pneumofonoarticulatória, qualidade vocal tensa, fala ofegante e voz trêmula, sendo que nesse trecho essas características são mais acentuadas do que no anteriormente apresentado.

De acordo com a definição da Psicodinâmica Vocal, descrita por Behlau (2001), a voz trêmula relaciona-se com a expressão de indecisão e medo, assim como a voz tensa transmite diversas emoções da família medo.

De acordo com Martins (2004), as emoções podem ser organizadas em famílias (quando têm características semelhantes) e por grau de intensidade (o medo, por exemplo, pode ir da apreensão até o pânico).

Considerando-se os estudos de Scherer (1986) e Banse e Scherer (1996) sobre metodologia dos parâmetros acústicos para avaliação da Expressão de Emoções, e também os citados anteriormente, podemos inferir que o piloto apresentava em suas emissões vocais, no dia do acidente, traços de apreensão ou preocupação e ansiedade variando até o temor, sobretudo no instante imediatamente anterior ao impacto.

De acordo com Scherer (1986), o estado emocional do falante influencia sua produção vocal porque as emoções desencadeiam respostas fisiológicas no indivíduo, tais como alterações no SNC (somático e autônomo) que é responsável por controlar voluntariamente os músculos, a respiração e a circulação sanguínea. Essas alterações, por sua vez, acarretam variações na respiração, fonação e articulação, processos diretamente relacionados à fala.

Do mesmo modo, as emoções também podem afetar a atenção e a cognição do falante, o que acaba por dificultar o planejamento do discurso (fala e prosódia), como nas situações de medo ou ansiedade, ou facilitá-lo, como nas situações de alegria (Johnstone; Scherer, 2000).

Os pesquisadores adeptos da teoria evolucionista das emoções postulam a existência de um conjunto pequeno de emoções que são universais e muito diferentes entre si, apresentando expressões faciais e alterações fisiológicas específicas a cada uma delas, como alegria, tristeza, medo, nojo, entre outros (EKMAN, 1992). Nessa mesma linha de entendimento, os pesquisadores que estudam a expressão das emoções na fala assumem que essas também possuem padrões distintos nos parâmetros acústicos (BANSE; SCHERER, 1996).

Figura 16 - Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1634,21 segundos (27'14") do canal de áudio denominado "22012017_1129_H3"

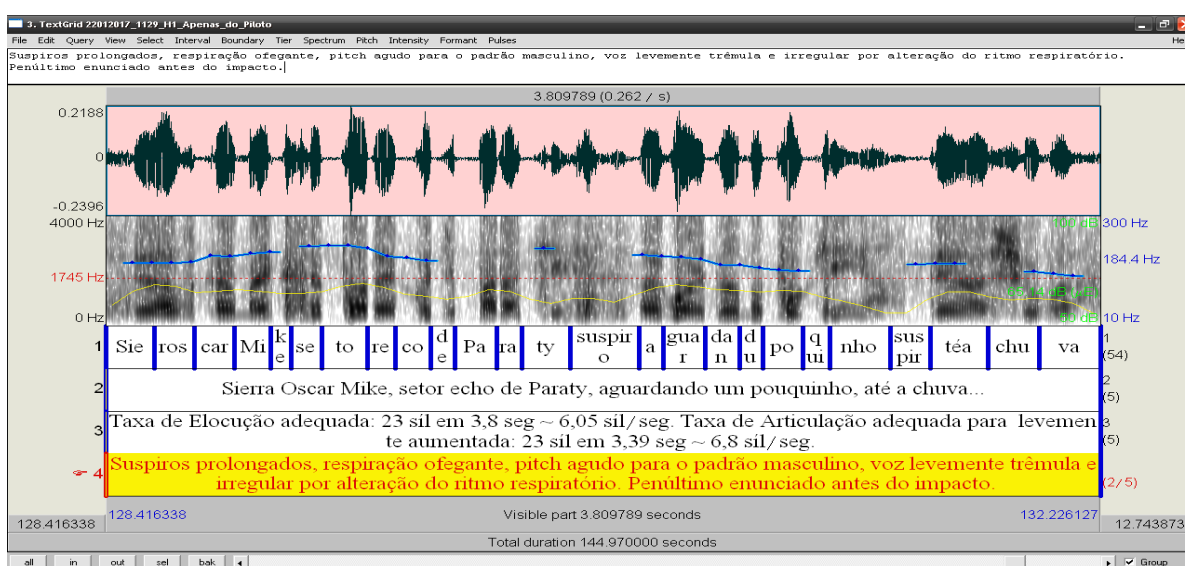
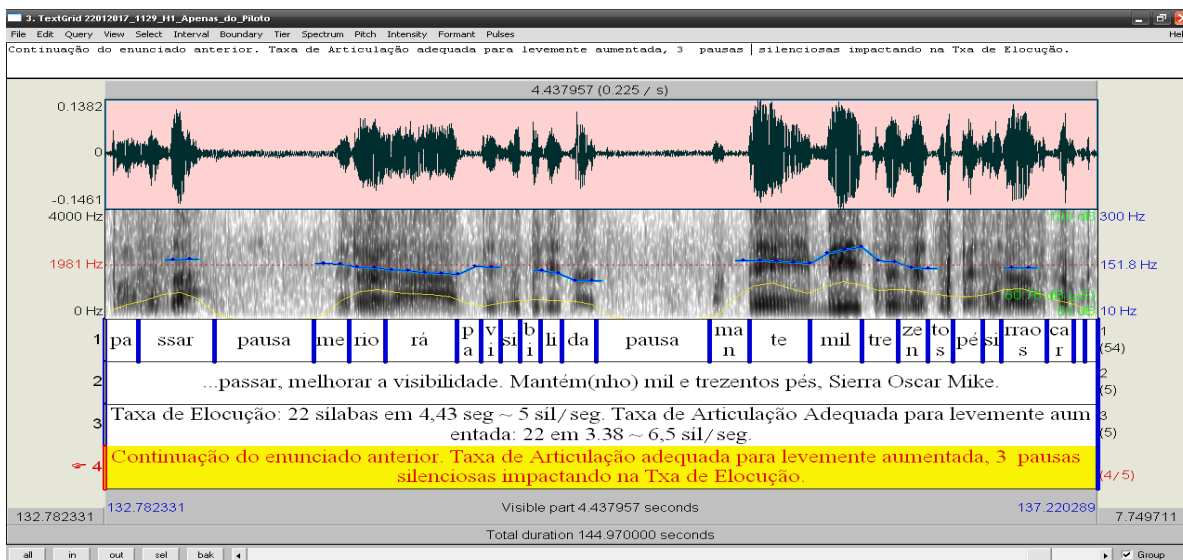
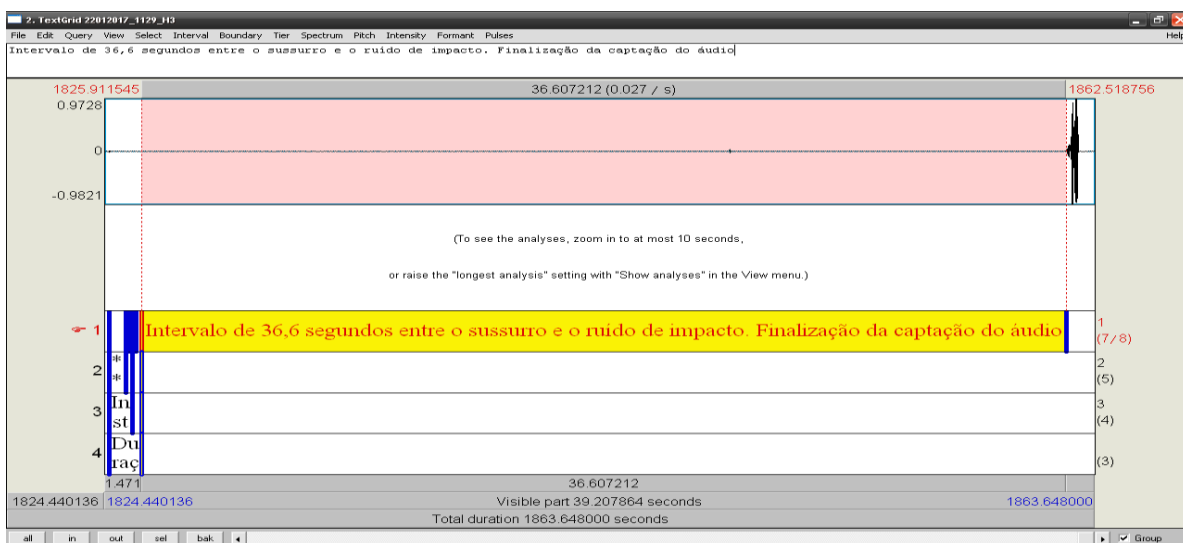


Figura 17 - Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1634,21 segundos (27'14" minutos) do canal de áudio denominado "22012017_1129_H3"



O ruído de impacto inicia-se no instante 1862,52 segundos, ou seja, aos 31'2", sendo que ocorre, aproximadamente, 37 segundos após a última emissão do piloto (que foi uma pequena emissão sussurrada com identificação apenas parcial das sílabas produzidas).

Figura 18 - Intervalo entre a última emissão do piloto (em sussurro) e o ruído de impacto



Considerando-se os estudos sobre metodologia dos parâmetros acústicos e clínicos para avaliação da Expressão de Emoções, podemos inferir que o piloto apresentava traços de apreensão ou preocupação e ansiedade variando até o temor no áudio em questão, sobretudo, no instante imediatamente anterior ao impacto.

É importante ressaltar que não foram encontrados indícios de fadiga nem sonolência por meio da análise de voz, fala e linguagem do piloto nos arquivos de áudio do dia do acidente nem alterações compatíveis com uso de substâncias entorpecentes do sistema nervoso central.

Não foram constatados gritos ou quaisquer emissões indicativas de situação de pânico do piloto nem dos passageiros antes do impacto. Também não foram constatados questionamentos ou diálogos dos passageiros com o piloto ao final do áudio.

4.4 – Subestudo 4 – Variações na voz, fala e linguagem de aviadores examinados em dia de descanso e em dia de incidente aeronáutico

Este subestudo teve por objetivo a análise de material de áudio extraído dos arquivos de comunicação de pilotos com torre de controle e entre pilotos após um incidente aeronáutico.

Foram recebidos, para a análise pericial, 10 arquivos de áudio contendo amostras de fala padrão dos pilotos (amostras coletadas em dia sem queixa/suspeita de fadiga e sonolência) e amostras da comunicação desses no dia do incidente aeronáutico.

Os arquivos originais, foram duplicados na estação de trabalho utilizada pela pesquisadora sendo que as amostras de voz, fala e linguagem foram selecionadas e analisadas confrontando-se com o padrão enviado pelo CENIPA (amostras de áudio do piloto e do copiloto distintas daquelas do incidente) e, também, aos valores estabelecidos na literatura científica como padrão de normalidade.

A seguir serão apresentados achados acústicos e clínicos do canal de áudio que captava os diálogos dos pilotos com o controle de tráfego aéreo e entre os pilotos.

Não foram utilizados símbolos fonéticos nas transcrições dos trechos para facilitar a compreensão dos leitores não especialistas em Ciência da Fala sobre os enunciados proferidos. A divisão silábica utilizada neste subestudo foi a fonética e as transcrições das sílabas também não seguiram fielmente a norma culta do Português, tendo em vista que o objetivo era o de aproximar a transcrição da produção oral realizada pelo piloto.

➤ **Amostras de fala do copiloto**

Ao se analisar as figuras e quadros dos resultados para as medidas de organização temporal da fala do copiloto, constata-se uma diminuição das taxas de elocução no dia do incidente (durante todo o voo) em comparação com o padrão apresentado pelo falante em dia distinto ao do incidente e em comparação com o valor médio para fala espontânea no sexo masculino, de acordo com os achados de Valente (2003).

O copiloto apresentou, ainda, distorções de fonemas e pausas interrompendo algumas funções prosódicas. Sabe-se que a dificuldade no fluxo de fala representa dificuldade no acesso lexical e relaciona-se à memória e planejamento do discurso, plano cognitivo e neuromotor e, de acordo com Krajewski e Kroeger (2007) e Krajewski, et al. (2010) aparecem como sinal de alterações advindas fadiga central e/ou sonolência.

De acordo com Vogel et al. (2010), as alterações na organização temporal do discurso que tornam a fala mais lenta são provocadas pelo estado de fadiga central e/ou sonolência. Essas mudanças ocorrem porque nessas situações há alterações nos padrões de contração muscular e nos comandos neurológicos para a fala.

Segundo os estudos de Jackson e Earl (2006) a prevalência de fadiga entre a população de trabalhadores que atuam como pilotos é elevada. Em seu estudo, encontrou um índice de prevalência de 75 % de fadiga crônica entre os pilotos.

Verifica-se também que o Perfil de Fluência da Fala do copiloto está aumentado consideravelmente no dia do incidente, ou seja, encontra-se fora dos padrões de

normalidade. Fato não observado na amostra de fala padrão (dia distinto ao do incidente).

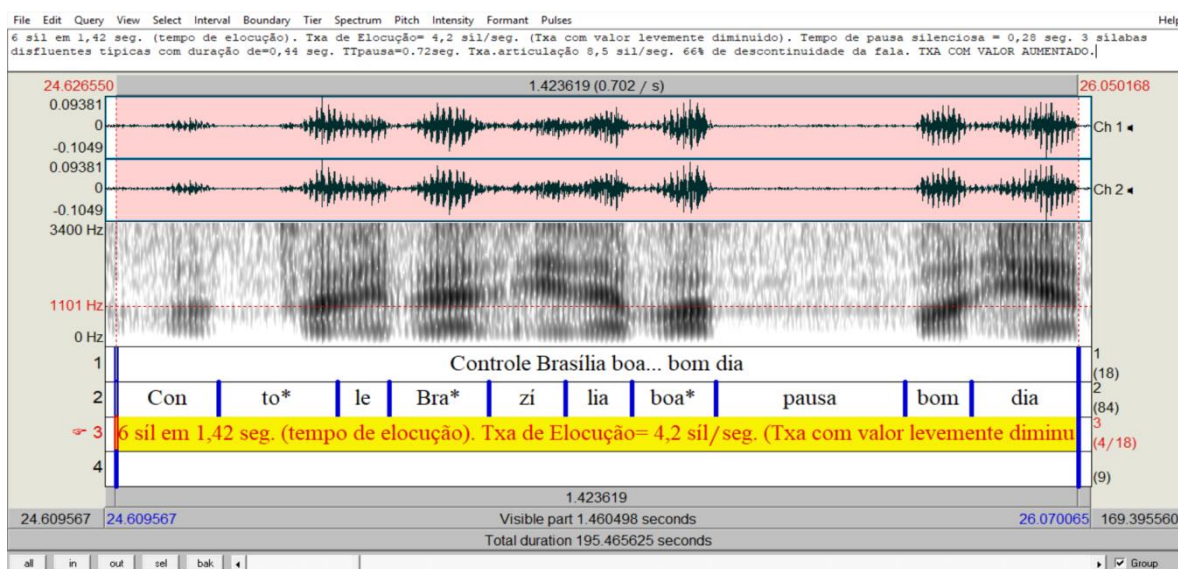
Salienta-se que o falante não apresenta características de disfluência atípica e que, inclusive, os valores de disfluência típica para o dia distinto ao incidente encontram-se dentro da faixa de normalidade descrita na literatura científica que é, em média, de 8,4% para a fala espontânea de acordo com Pinto (2013) e 10% de acordo com Jakubovicz (2009).

De acordo com Merlo (2012), o aumento da disfluência possui correlação com quadros de sonolência, ou seja, quando o indivíduo passa por alterações como privação do sono apresenta-se com maior disfluência na fala. Em seu estudo, Horne (1997), descreve que a privação do sono, mesmo em indivíduos neurologicamente saudáveis, acarreta alterações no ritmo com alteração da fluência, pausas inesperadas e lentificação da fala.

A alteração apresentada pelo copiloto foi detectada durante todo o voo, ou seja, mesmo antes da ocorrência do incidente aeronáutico.

➤ Dia do incidente - amostras do copiloto

Figura 19 - comunicação do copiloto com a torre de controle

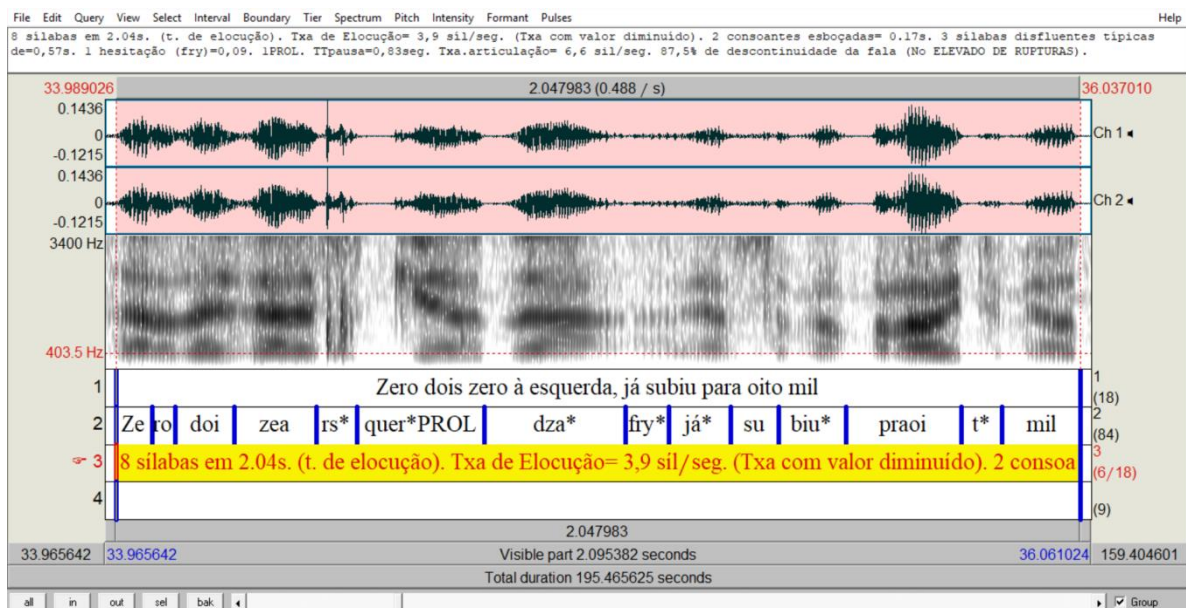


Quadro 8 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Quadro 9 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
66%	0%

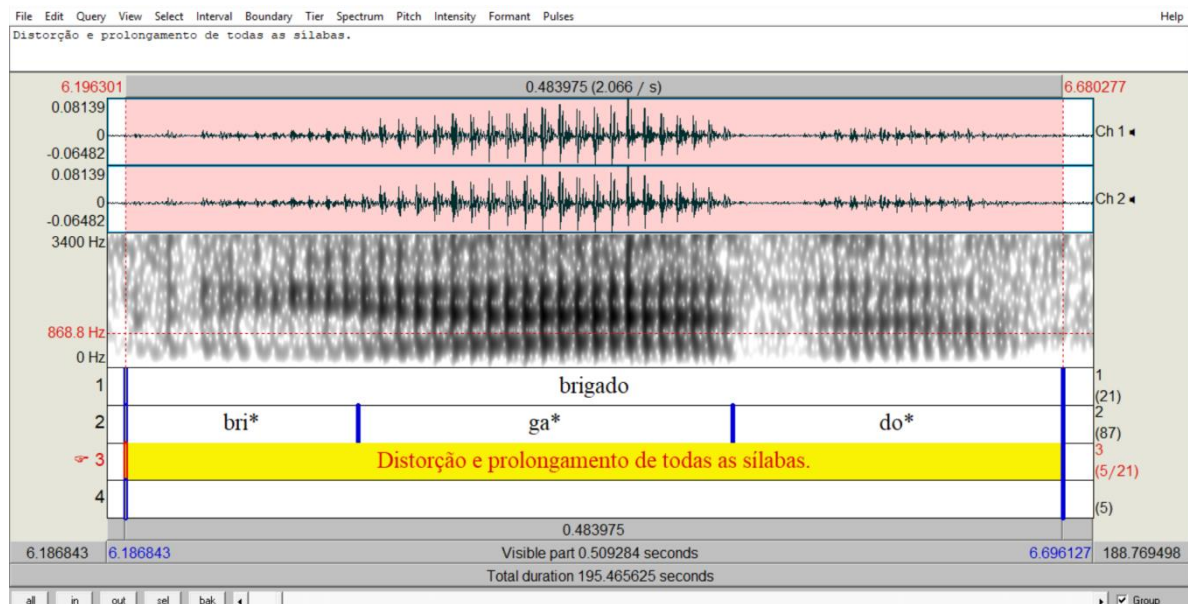
Figura 20 - comunicação do copiloto

Quadro 10 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	7	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	7	Total	0

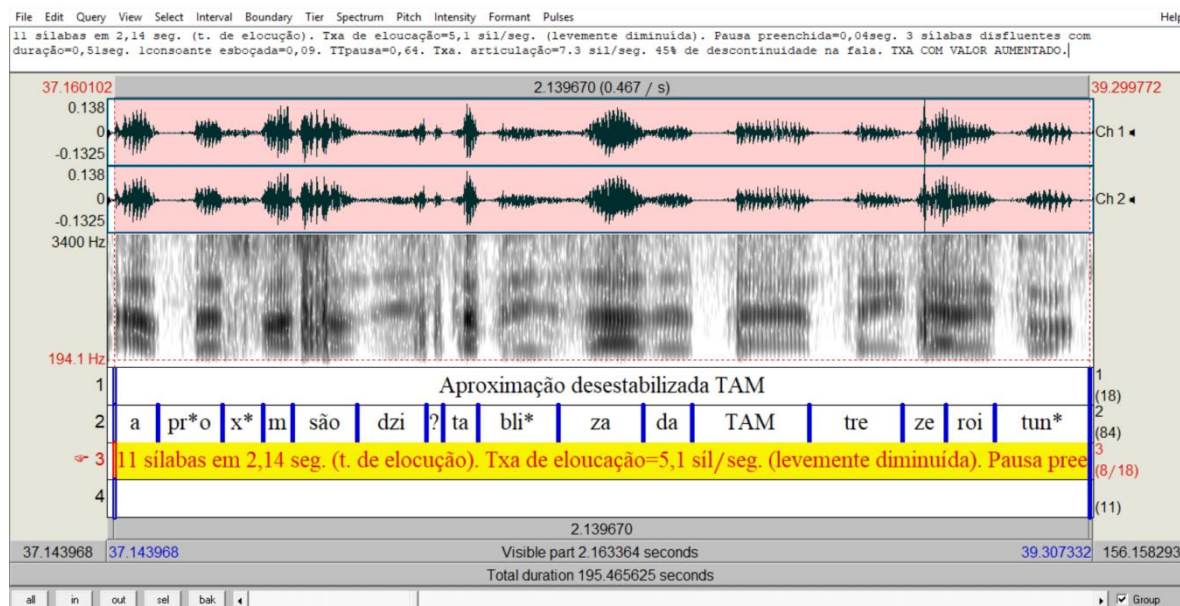
Quadro 11 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
87,5%	0%

Figura 21 - comunicação do copiloto

Trecho sem condição de cálculo devido ao grau de alteração (sem produção fluente). Colocado para ilustração da condição apresentada pelo copiloto no dia do incidente.

Figura 22 - comunicação do copiloto



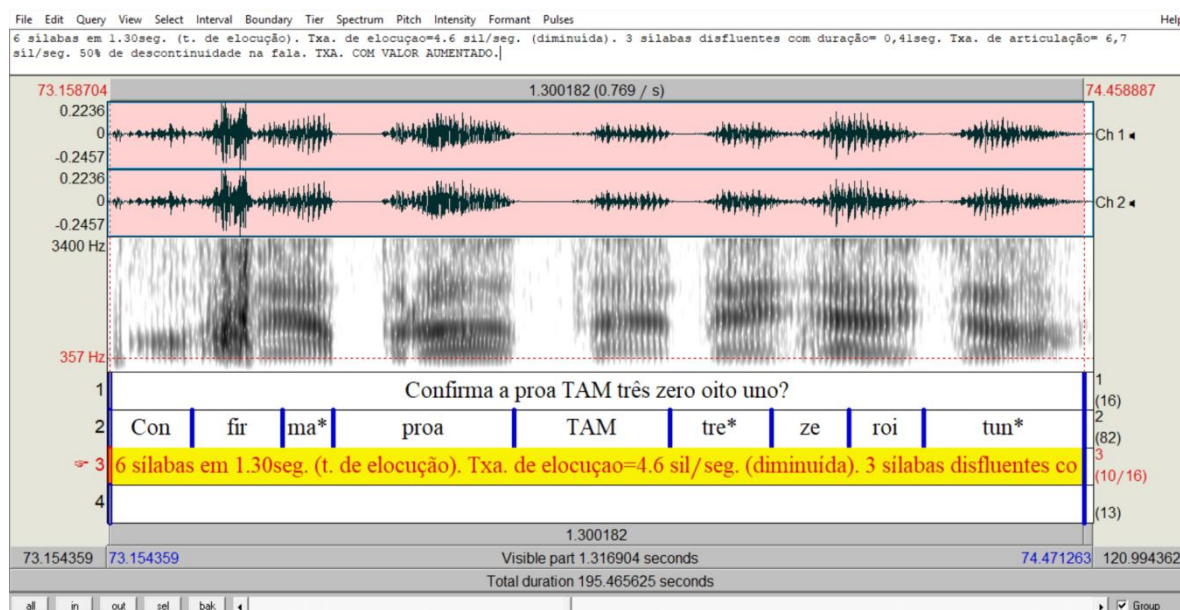
Quadro 12 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	5	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	5	Total	0

Quadro 13 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
45%	0%

Figura 23 - comunicação do copiloto



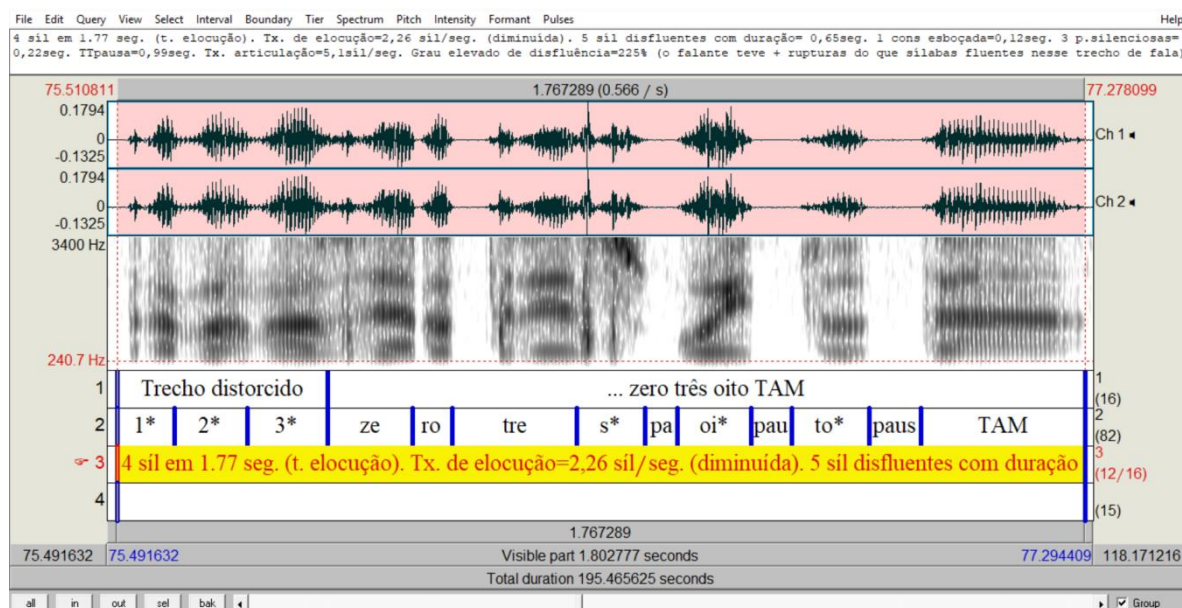
Quadro 14 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	3	Total	0

Quadro 15 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
50%	0%

Figura 24 - comunicação do copiloto



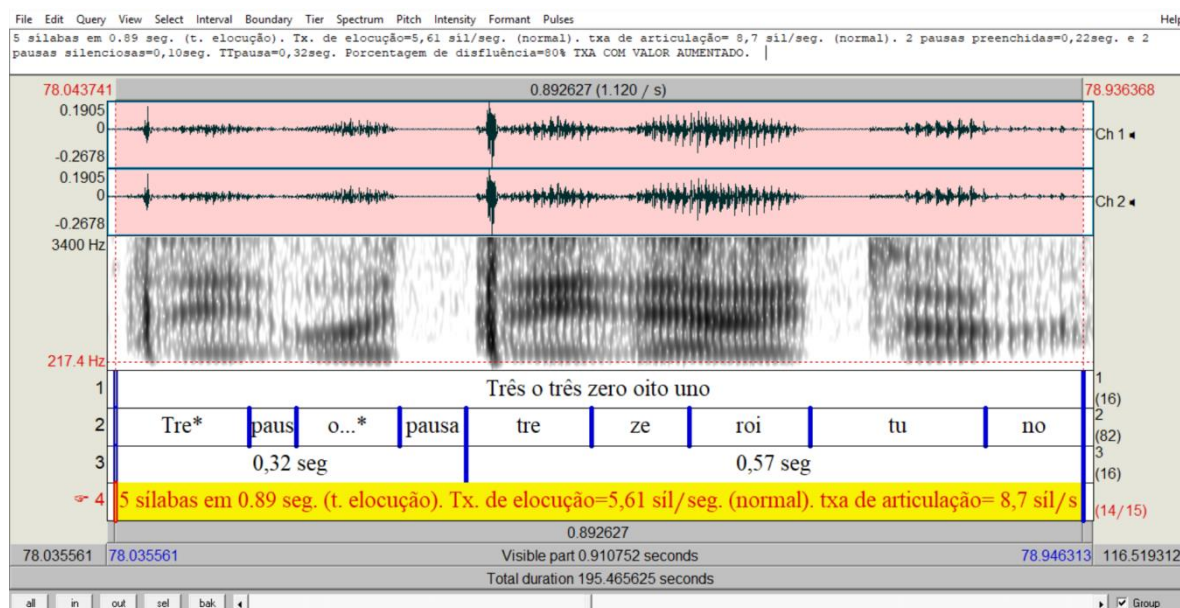
Quadro 16 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	9	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	9	Total	0

Quadro 17 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
225%	0%

Figura 25 - comunicação do copiloto



Quadro 18 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

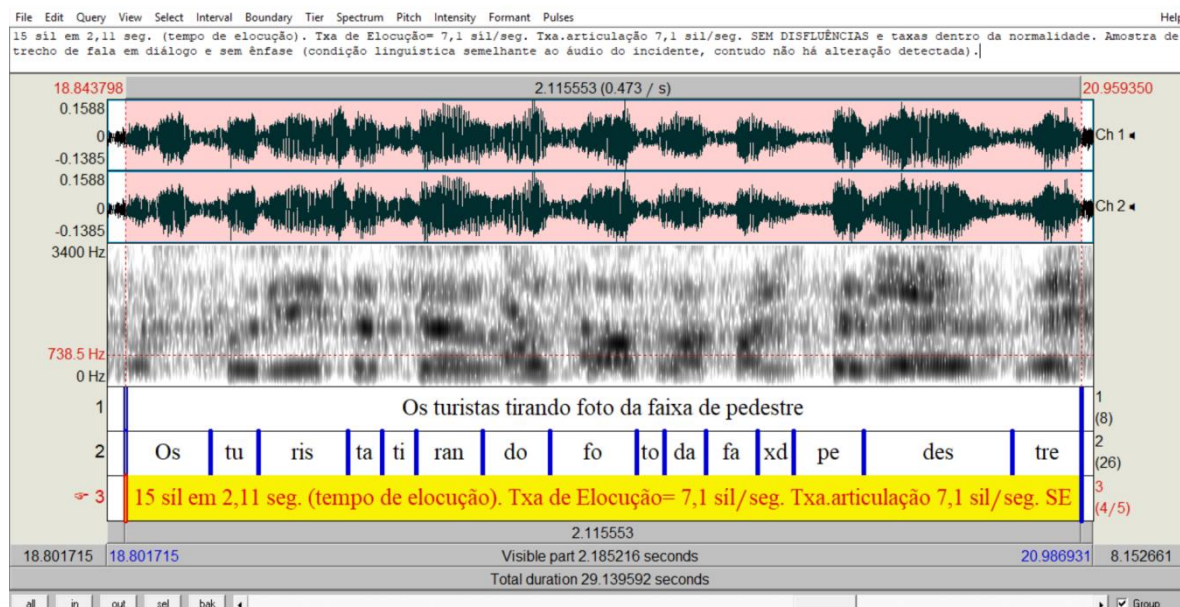
Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Quadro 19 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
80%	0%

➤ Fala padrão – dia distinto ao do incidente

Figura 26 - comunicação do copiloto – dia distinto ao do incidente



Quadro 20 - Tipologia das pausas do falante em dia distinto ao do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Dentro dos Padrões de Normalidade

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	0	Total	0

Quadro 21 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

➤ Amostras de fala do piloto

A análise dos resultados das amostras de fala do piloto nos permite constatar que esse apresentava, antes do incidente, taxas de elocução e de articulação dentro dos padrões de normalidade. Nos instantes imediatamente após o incidente, verifica-se que a voz do piloto apresenta-se trêmula, *pitch* mais agudo em comparação ao seu próprio padrão (trechos da sua fala anteriores ao instante do incidente), incoordenação pneumofonoarticulatória (alteração na coordenação entre a respiração e articulação). No entanto, antes do término do voo já é possível constatar a estabilização do padrão de voz e de fala do piloto de forma semelhante ao início do voo (antes do incidente).

De acordo com a definição da Psicodinâmica Vocal, descrita por Behlau (2001), a voz trêmula se relaciona com a expressão de indecisão e medo, assim como a voz tensa transmite diversas emoções da família medo.

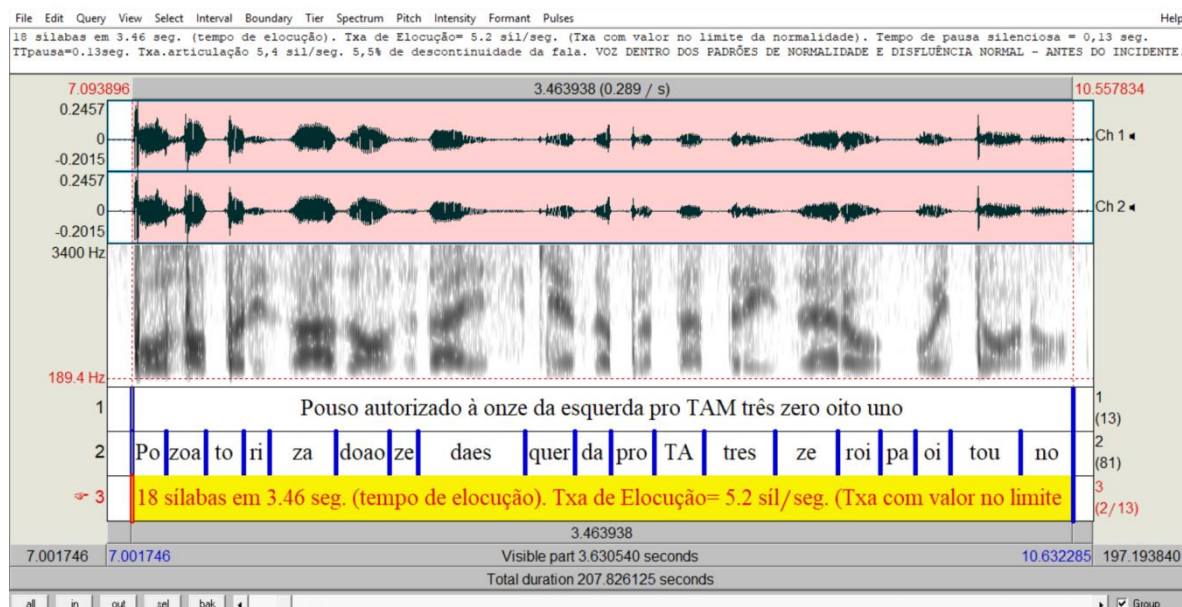
Considerando-se os estudos de Scherer (1986) e Banse e Scherer (1996), sobre metodologia dos parâmetros acústicos para avaliação da Expressão de Emoções, e também os citados anteriormente, podemos inferir que o piloto apresentava em suas emissões vocais, logo após o incidente, traços de apreensão/preocupação e ansiedade.

De acordo com Scherer (1986), o estado emocional do falante influencia sua produção vocal porque as emoções desencadeiam respostas fisiológicas no indivíduo, tais como alterações no sistema nervoso central (somático e autônomo), que é responsável por controlar voluntariamente os músculos, a respiração e a circulação sanguínea. Essas alterações, por sua vez, acarretam variações na respiração, fonação e articulação, processos diretamente relacionados à voz e à fala.

No entanto, apesar do padrão de voz do piloto variar para um quadro compatível com o estado emocional da família medo, o padrão de fala, ou melhor dizendo, da organização temporal do discurso, apresenta-se com taxas de elocução diminuídas, assim como o perfil de fluência apresenta-se com valor aumentado. Estas variações na fala estão relacionadas, na literatura científica, a quadros de fadiga e/ou sonolência.

➤ Instantes anteriores ao incidente - amostras do piloto

Figura 27 - comunicação do piloto



Quadro 22 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Dentro dos Padrões de Normalidade

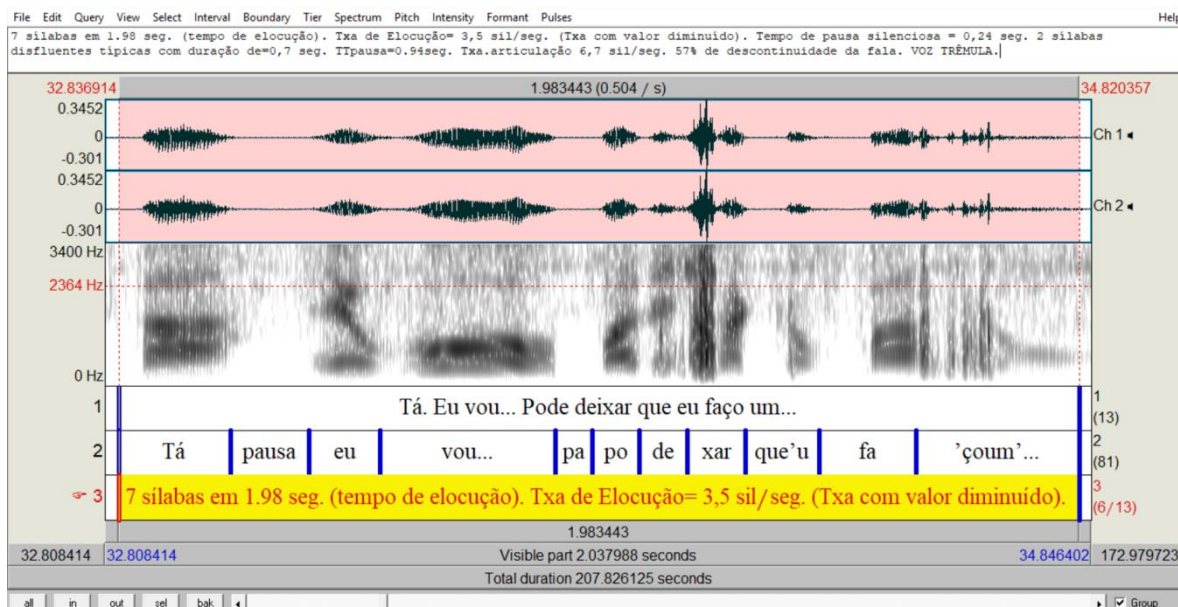
Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	1	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	1	Total	0

Quadro 23 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
5,5%	0%

➤ Instantes após o incidente – amostras do piloto

Figura 28 - comunicação do piloto



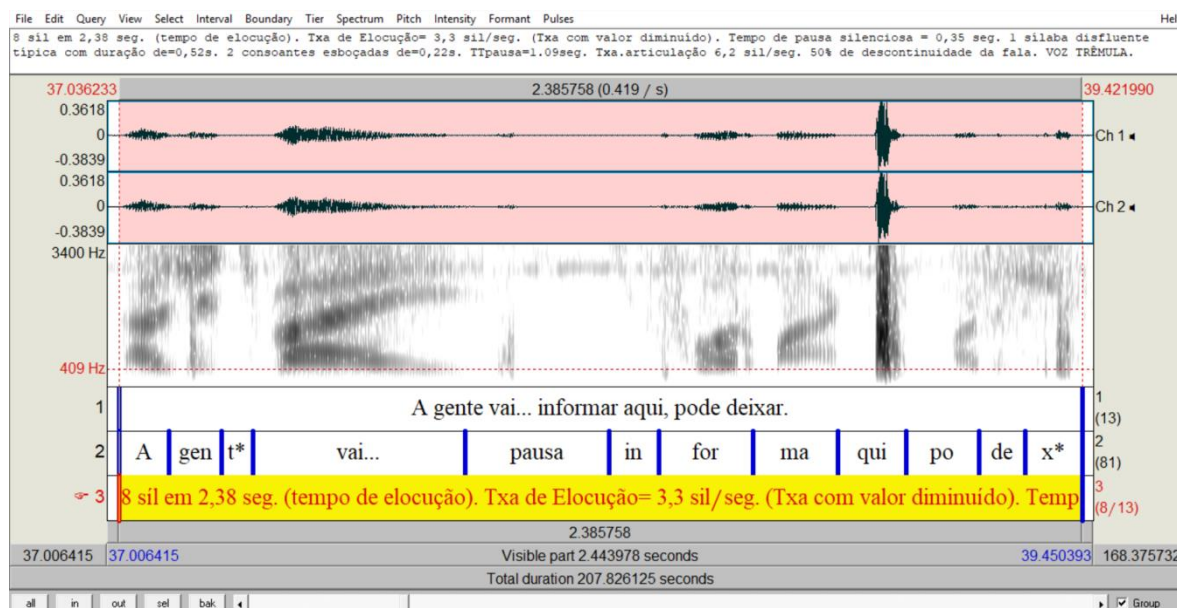
Quadro 24 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Quadro 25 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
57%	0%

Figura 29 - comunicação do piloto



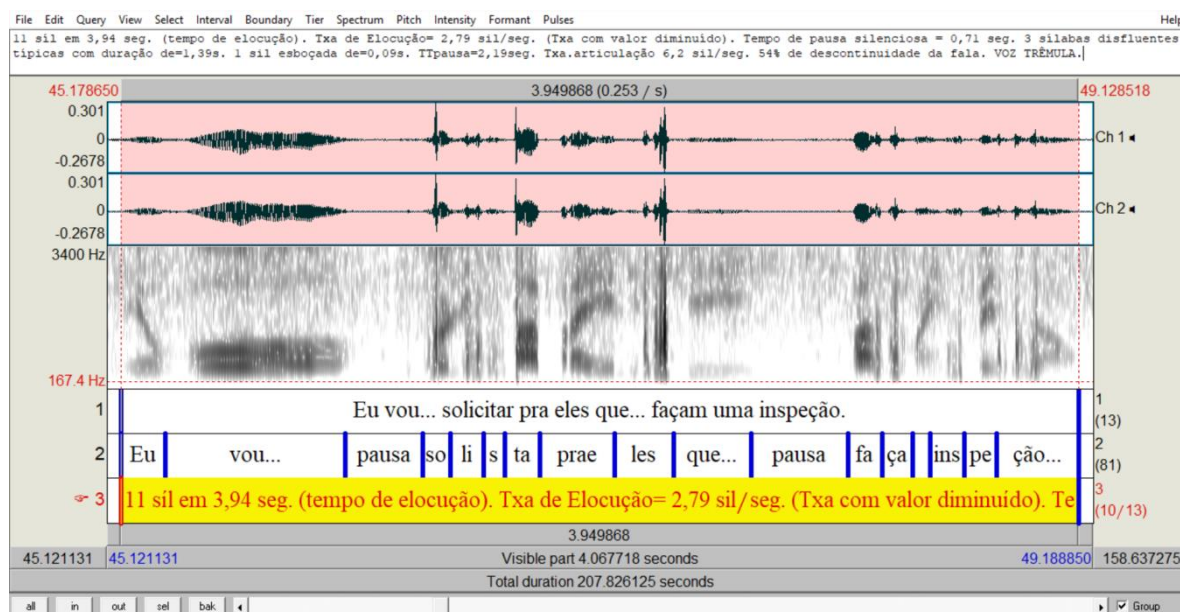
Quadro 26 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Quadro 27 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
50%	0%

Figura 30 - comunicação do piloto



Quadro 28 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Aumentado

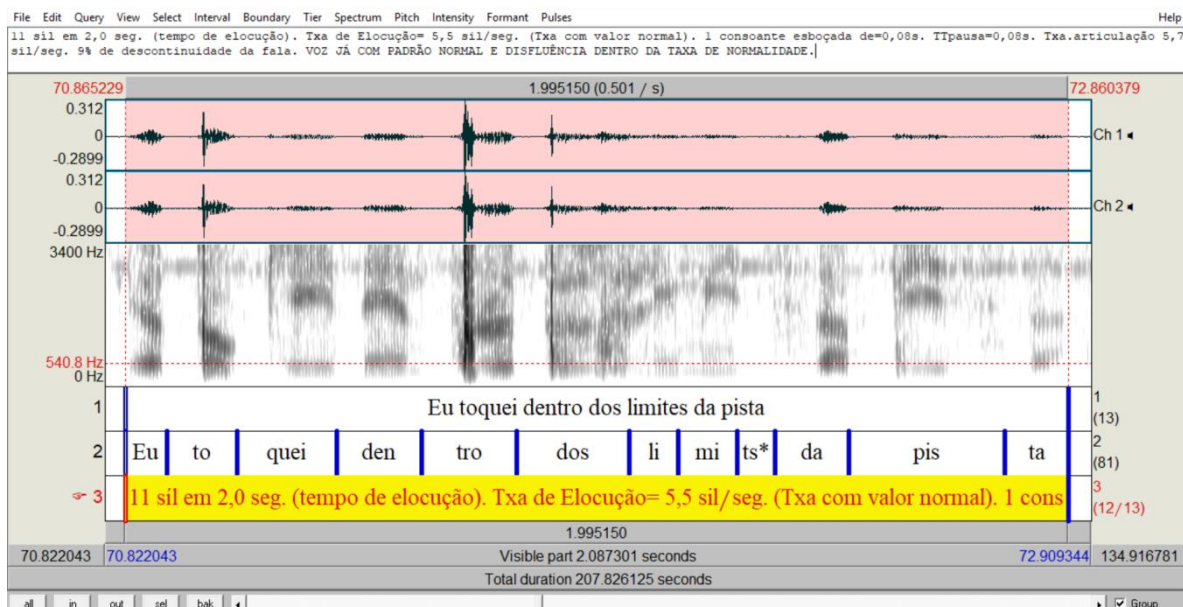
Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	6	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	6	Total	0

Quadro 29 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
54%	0%

➤ Padrão de voz e fala já estabilizado após o incidente – amostra piloto

Figura 31 - comunicação do piloto



Quadro 30 - Tipologia das pausas do falante no dia do incidente. Perfil da Fluência de Fala: Valor Dentro dos Padrões de Normalidade

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	1	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de	0
Revisão	0	Prolongamento	
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	1	Total	0

Quadro 31 - Porcentagem de rupturas na fala no dia do incidente

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
9%	0%

Considerando-se os achados apresentados neste subestudo para os parâmetros acústicos e clínicos da expressão de emoções na voz, e de acordo com a bibliografia pesquisada, podemos inferir que o piloto apresentava traços de apreensão/preocupação e ansiedade no instante imediatamente após o incidente. No entanto, houve discrepância nos padrões de fala e fluência do piloto, tendo em vista que a articulação se apresentou menos definida, com porcentagem elevada de disfluências e que houve diminuição da taxa de elocução da organização temporal do discurso, que são manifestações cognitivo-motoras relacionadas, na literatura científica, a estados de fadiga. Considerando que os estudos sobre o tema ainda são incipientes, não é possível afirmar que estados de maior controle emocional possam mascarar estados de fadiga mental e que em situações de desestabilização das emoções tal sinal/sintoma possa ser mais bem constatado, quando for o caso.

Em relação ao copiloto, considerando-se os achados apresentados neste estudo para os parâmetros acústicos e clínicos da fala e da fluência, e de acordo com a bibliografia pesquisada, podemos inferir que esse apresentava sinais de sonolência ao longo de todo o percurso do voo no dia do incidente.

4.5 – SUBESTUDO 5 – Variações na fala e na linguagem de aviadores examinados em dia de descanso e em dia de trabalho

O desenho metodológico deste subestudo foi do tipo coorte prospectivo. Detalhando melhor, foi observacional, longitudinal, prospectivo e analítico. Foram usadas medidas dependentes, ou seja, o mesmo indivíduo foi analisado em 4 momentos. Portanto, cada sujeito da amostra foi seu próprio controle objetivando, assim, eliminar as variações biológicas quando se usa um grupo controle com indivíduos distintos. E as medidas foram repetidas no tempo por 3 vezes, ou seja, as mesmas avaliações aplicadas na condição inicial, *baseline*, foram realizadas durante as 3 repetições temporais.

Por haver 4 amostras a serem comparadas para cada variável de análise, optou-se por utilizar, como teste estatístico, o GLM (*Generalized Linear Model*) para amostras pareadas e repetidas no tempo. Este é um tipo de ANOVA (*ANalysis Of VAriance*) que é usado quando as amostras são dependentes.

Inicialmente, pensou-se em usar o *Student t-test* pareado, no entanto, esse não permite a comparação simultânea de mais de 2 amostras. Até poderia se realizar avaliações par a par das amostras usando o *paired Student t-test*, porém, além disso acarretar uma sobrecarga de trabalho, um aumento do número de gráficos e tabelas para análise, há, estatisticamente falando, a chance de que a cada vez que se roda um teste ocorrer um aumento global da chance de erro tipo I e, portanto, o aumento da probabilidade de observar diferenças significativas por acaso. Resumindo, o *Student t-test* foi aplicado em outro subestudo dessa tese para algumas comparações específicas e em que era o teste mais adequado à situação.

Voltando à aplicação do GLM pareado, esse é um teste que utiliza variâncias para determinar se as médias das amostras são iguais. Para aplicá-lo, no entanto, é preciso, inicialmente, avaliar se suas amostras atendem a dois pré-requisitos fundamentais: a) o primeiro é o de que suas amostras sigam uma distribuição normal, pois o GLM/ANOVA é um teste paramétrico para amostras normalmente distribuídas; b) o segundo é o de que suas amostras sejam esféricas (ou homocedásticas ou com variâncias iguais), ou seja, que suas amostras sejam, de fato, dependentes. Ao coletarmos dados com o mesmo indivíduo ao longo do tempo, podemos pressupor a dependência das amostras extraídas para aplicação de um teste pareado, entretanto, é necessário aplicar um teste de esfericidade das amostras para se confirmar essa premissa antes de se realizar um teste pareado. A esfericidade só é confirmada quando as variâncias das amostras são constantes.

Para as variáveis em que o pré-requisito da normalidade foi violado, optamos por aplicar o teste estatístico de Friedman, pois este é o correspondente do GLM pareado para medidas não-paramétricas ou paramétricas que violam os requisitos de normalidade.

Houve ainda situações em que usamos o teste de Wilcoxon quando precisávamos realizar a comparação entre somente 2 amostras pareadas que não seguiam distribuição normal. Isto porque, para algumas medidas, como as das escalas de Sonolência de Epworth e de Fadiga de Yoshitake, realizamos somente 2 coletas. No caso das referidas escalas, realizamos 1 coleta no dia de trabalho e 1 no dia de folga, tendo em vista que estas escalas fornecem o grau geral de fadiga e de sonolência não sendo necessária a sua repetição ao longo do dia.

4.5.1- Resultados das Escalas Psicométricas de Fadiga e Sonolência

Para as medidas subjetivas de fadiga, aplicamos 4 escalas sendo 2 de Sonolência (Karolinska e Epworth) e 2 de Fadiga (Yoshitake e Samn-Perelli). Após tabularmos os dados e aplicarmos o teste de normalidade para conhecermos o tipo de distribuição das variáveis, constatamos que nenhuma dessas medidas seguia distribuição normal. Além disso, somente as medidas das escalas de Samn-Perelli e de Karolinska apresentaram esfericidade nos 2 testes aplicados, Bartlett e Levene. Os resultados das escalas de Yoshitake e de Epworth foram esféricas no teste de Levene, mas não no de Bartlett. Diante dos achados, optamos por aplicar testes estatísticos não-paramétricos, para medidas não-normais. Ressaltamos que no tópico referente às medidas de fala, forneceremos maiores explicações sobre os testes de normalidade e esfericidade mencionados.

Para as escalas de Karolinska e de Samn-perelli, que medem, respectivamente, o grau de sonolência e de fadiga momentâneo, coletamos 4 amostras para cada piloto no mesmo dia e horário das coletas de fala. Portanto, para estas escalas, precisávamos de um teste estatístico para medidas não-paramétricas e repetidas no tempo. Já para as escalas de Yoshitake e Epworth, como elas medem o grau geral de fadiga e de sonolência do indivíduo, realizamos somente 2 coletas, sendo 1 no dia de folga e 1 no dia de trabalho. Sendo assim, para estas 2 últimas escalas citadas, aplicamos o teste de Wilcoxon, pois este é o mais adequado para amostras não-normais e com somente 2 medidas.

A seguir serão apresentados primeiramente os resultados para as Escalas de Sonolência de Karolinska e de Fadiga de Samn-Perelli e, ao final, os achados para as Escalas de Sonolência de Epworth e de Fadiga e de Yoshitake.

Como podemos observar pelo resultado da Tabela 47 a seguir, a variável Escala de Sonolência de Karolinska apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor $< 1 \times 10^{-3}$, ou seja, $< 0,001$.

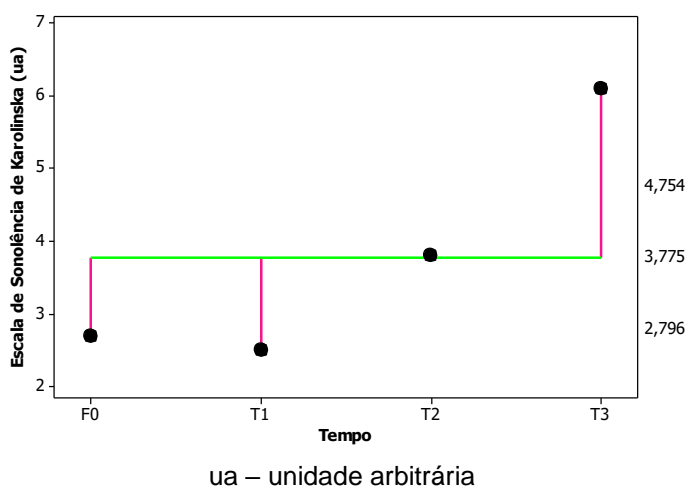
Tabela 47 - Friedman para testar a significância da variação da Escala de Sonolência de Karolinska ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Mediana	Soma das Classificações	S	P
Tempo	F0	3	3,00	18,5	19,99	< 0,001
	T1		2,50	17,0		
	T2		4,00	25,0		
	T3		6,50	39,5		
Mediana Global		4				

DF: grau de liberdade; S: estatística S (teste S); P: nível de significância. Obs.: essas medidas serão explicadas no subitem referente às análises de fala. F0 (folga e em condição descansada); T (trabalho, de preferência em dias em que estivessem se sentindo cansados/sonolentos, sendo T1 = 1 hora após terem acordado; T2 = 8 horas após terem acordado e T3 = 16 horas após terem acordado).

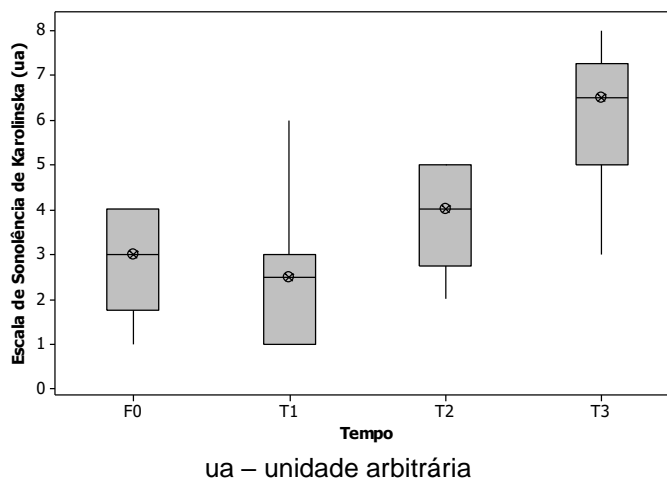
Por meio dos Gráficos 61 e 62 a seguir, podemos verificar visualmente como o grau de sonolência dos participantes foi aumentando ao longo do tempo.

Gráfico 61 - Representação dos valores médios da Escala de Sonolência de Karolinska dos pilotos ao longo do tempo



Valores para a Escala de Sonolência de Karolinska quando os participantes estavam no momento F0 (folga e em condição descansada) e no momento T (trabalho, de preferência em dias em que estivessem se sentindo cansados/sonolentos). T1 = 1 hora após terem acordado; T2= 8 horas após terem acordado e T3= 16 horas após terem acordado.

Gráfico 62 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Escala de Sonolência de Karolinska ao longo do tempo



Como podemos observar pelo resultado da Tabela 48 a seguir, a variável Escala de Fadiga de Samn-Perelli apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p -valor $< 1 \times 10^{-3}$, ou seja, $< 0,001$.

Os valores médios de respostas para a escala de Sonolência de Karolinska foram 2,7 para o instante F0 (folga); 2,5 para o instante T1 (trabalho – 1h); 3,8 para o instante T2 (trabalho – 8 horas); 6,1 para o instante T3 (trabalho – 16 horas).

Realizando-se uma análise qualitativa dos achados, vemos que para o dia de folga e para o início do dia de trabalho os participantes enquadravam-se na classificação “alerta”. Para o instante T2, os participantes estavam, em média, num estágio hipovigilante. Já para o instante T3, a média está levemente superior ao estágio hipovigilante, localizada entre esse e o estágio sonolento, considerando-se a classificação de Svensson (2004).

Tabela 48 - Friedman para testar a significância da variação da Escala de Fadiga de Samn-Perelli ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Mediana	Soma das Classificações	S	P
Tempo	F0	3	1,87	17,5	19,37	< 0,001
	T1		1,75	19,0		
	T2		2,75	24,0		
	T3		4,62	39,5		
Mediana Global		2,75				

DF: grau de liberdade; S: estatística S (teste S); P: nível de significância.

Por meio dos Gráficos 63 e 64 a seguir, podemos verificar visualmente como o grau de fadiga dos participantes foi aumentando ao longo do tempo.

Gráfico 63 - Representação dos valores médios da Escala de Fadiga de Samn-Perelli dos pilotos ao longo do tempo

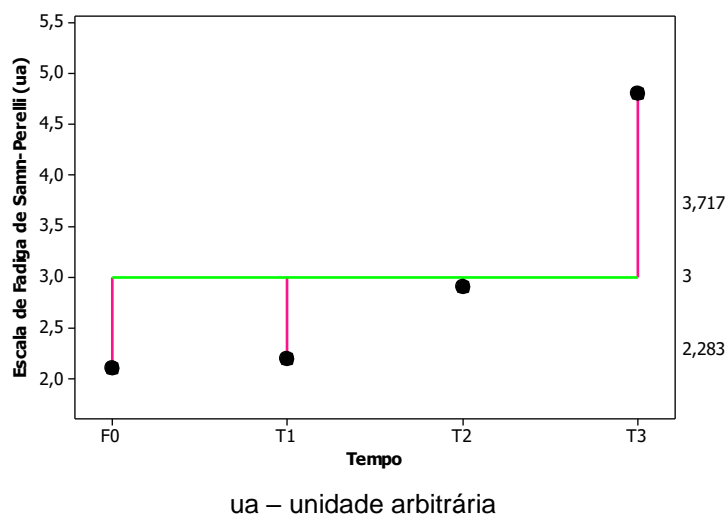
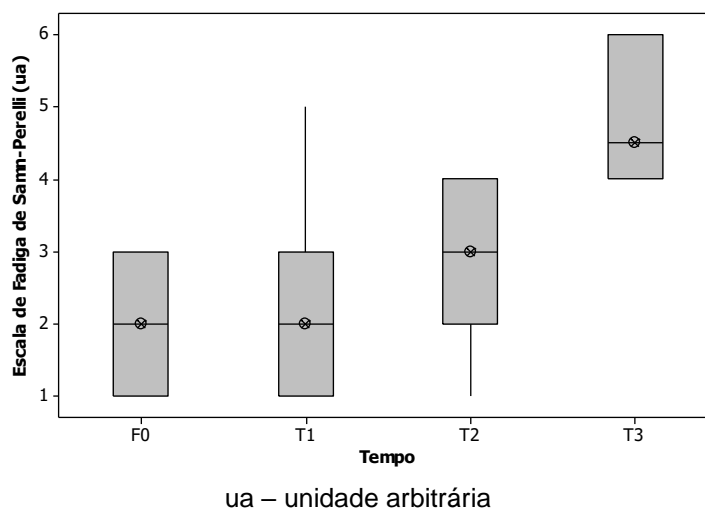


Gráfico 64 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Escala de Fadiga de Samn-Perelli ao longo do tempo



Os valores médios de respostas para a Escala de Fadiga e Samn-Perelli foram 2,1 para o instante F0 (folga); 2,2 para o instante T1 (trabalho – 1h); 2,9 para o instante T2 (trabalho – 8 horas); 4,8 para o instante T3 (trabalho – 16 horas).

Realizando-se uma análise qualitativa dos achados, conforme proposto pelos próprios autores da escala, vemos que para o dia de folga e para o início e meio do

dia de trabalho os participantes enquadravam-se na classificação “níveis satisfatórios de alerta. Sem comprometimento do desempenho devido à fadiga”. Já para o instante T3, a média traz o significado qualitativo de “fadiga moderada a grave. Há comprometimento no desempenho. Serviço permitido, mas não recomendado.”

A seguir, serão apresentados os resultados para a Escala de Sonolência de Epworth. Relembramos que essa escala não fornece a variação momentânea da sonolência dos informantes, mas o estado geral de sonolência dos indivíduos, objetivando verificar possíveis variações entre os dias de folga e de trabalho no quadro geral de queixas do participante e se há indícios de SE (sonolência excessiva diurna). Ressaltamos também que esta escala possui baixa concordância com estudos de medição objetiva na detecção de quadros leves e intermediários de SE. Ela apresenta boa correspondência para quadros graves.

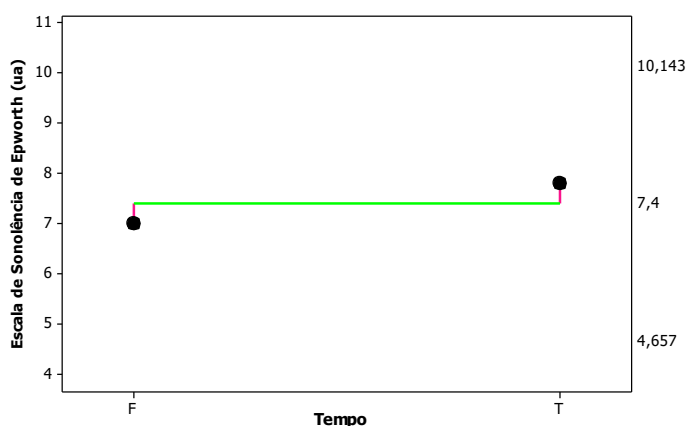
Como podemos observar pelo resultado da Tabela 49 a seguir, a variável Escala de Sonolência de Epworth não apresentou variação estatisticamente significativa na comparação entre os 2 dias de coleta (folga e trabalho) dos participantes, p -valor $< 8 \times 10^{-1}$, ou seja, 0,8. Esse resultado demonstra que, quantitativamente, não houve variação no grau geral de sonolência para os 2 momentos da coleta.

Tabela 49 - Wilcoxon para testar a significância da variação da Escala de Sonolência de Epworth no dia de folga e no dia de trabalho

Amostra	N	Mediana	p-valor
Folga	10	6	0,8
Trabalho	10	7	

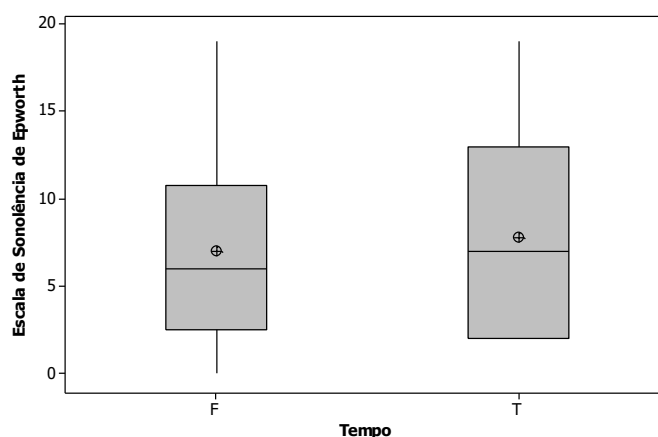
Por meio dos Gráficos 65 e 66 a seguir, podemos verificar visualmente que não houve variação entre os dois momentos medidos.

Gráfico 65 - Representação dos valores médios da Escala de Sonolência de Epworth dos pilotos no dia de Folga e no dia de Trabalho



ua – unidade arbitrária

Gráfico 66 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Escala de Sonolência de Epworth no dia de Folga e no dia de Trabalho



ua – unidade arbitrária

Quando realizamos uma análise qualitativa desses valores da ESE, podemos constatar que, apesar de não ter ocorrido uma variação significativa no grau geral de sonolência entre o dia de folga e o dia de trabalho, os indivíduos não podem ser enquadrados em graus normais de SE. Isso porque, considerando a classificação de Bittencourt et al. (2005), resultados compreendidos entre 0 e 6 são classificados como normais, no entanto os compreendidos entre 7 e 9, são SE limite. As médias apresentadas pelos os pilotos no dia de folga e no dia de trabalho foram, respectivamente, 7 e 7,8 pontos.

A seguir, serão apresentados os resultados para a Escala de Fadiga de Yoshitake. Relembramos que essa escala também não fornece a variação momentânea da fadiga dos informantes, mas o estado geral de fadiga dos indivíduos, objetivando verificar possíveis variações entre os dias de folga e de trabalho no quadro geral de queixas do participante.

Como podemos observar pelo resultado da Tabela 50 a seguir, a variável Escala de Fadiga de Yoshitake não apresentou variação estatisticamente significativa na comparação entre os 2 dias de coleta (folga e trabalho) dos participantes, p -valor $< 9 \times 10^{-1}$, ou seja, 0,9. Esse resultado demonstra que, quantitativamente, não houve variação no grau geral de fadiga para os 2 momentos da coleta.

Tabela 50 - Wilcoxon para testar a significância da variação da Escala de Fadiga de Yoshitake no dia de folga e no dia de trabalho

Amostra	N	Mediana	p-valor
Folga	10	54,5	0,9
Trabalho	10	52,5	

Por meio dos Gráficos 67 e 68 a seguir, podemos verificar visualmente que não houve variação entre os dois momentos medidos.

Gráfico 67 - Representação dos valores médios da Escala de Fadiga de Yoshitake dos pilotos no dia de Folga e no dia de Trabalho

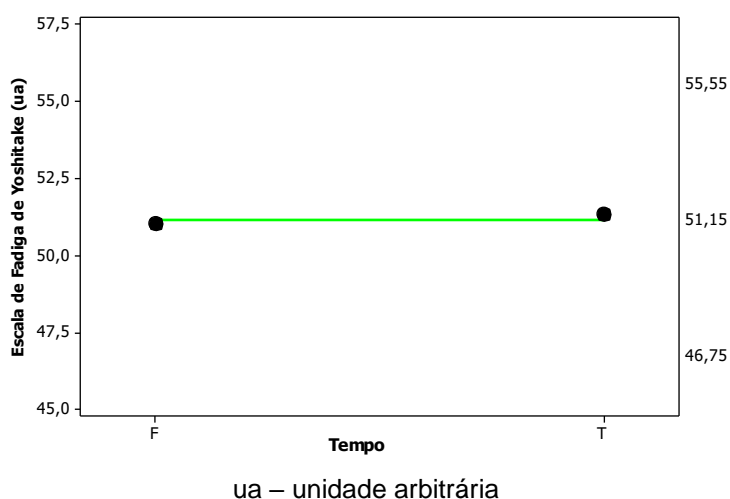
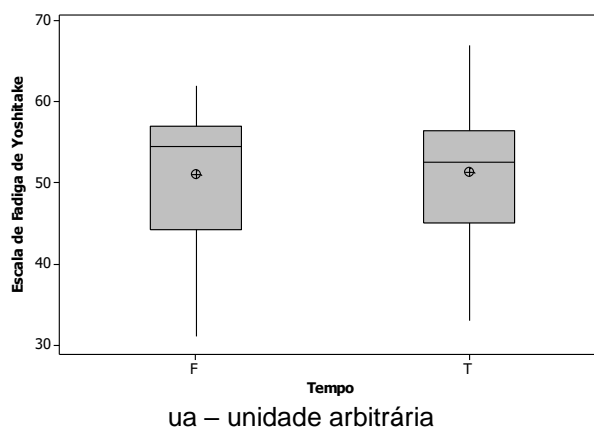


Gráfico 68 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Escala de Fadiga de Yoshitake no dia de Folga e no dia de Trabalho



Ao realizamos uma análise qualitativa desses valores da EFY, podemos constatar que, do mesmo modo como na ESE, apesar de não ter ocorrido uma variação significativa no grau geral de fadiga entre o dia de folga e o dia de trabalho, os indivíduos não podem ser enquadrados em graus normais de fadiga geral. Isso porque são considerados como ausência de fadiga somente os resultados a 30 pontos. As pontuações acima desse valor são indicativas de fadiga. As médias apresentadas pelos os pilotos no dia de folga e no dia de trabalho foram, respectivamente, 51 e 51,3 pontos, o que resulta, qualitativamente, em presença de fadiga de grau leve.

4.5.2 - Resultados para a fala espontânea

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a análise da fala espontânea dos aviadores. Para cada uma das 4 amostras colhidas dos 10 participantes, fizemos a extração de nove variáveis. Para maiores informações sobre cada variável, favor consultar o detalhamento fornecido no capítulo 3. São elas:

- a) Taxa de Elocução
- b) Taxa de Articulação
- c) Duração Média das Pausas
- d) Taxa Total de Pausas
- e) Taxa de Pausa Fluente

- f) Taxa de Pausa Disfluente
- g) Taxa de Pausa Silenciosa Disfluente
- h) Taxa de Pausa Preenchida
- i) Taxa Total de Pausas Silenciosas (Fluentes e Disfluentes)

Dessas nove variáveis extraídas, sete apresentaram variação estatisticamente significativa para pior ao longo do tempo, como será demonstrado por meio dos gráficos e tabelas a seguir.

Neste subestudo, não realizamos medidas objetivas nem qualitativas de voz, embora esse aspecto da emissão também tenha apresentado variação para pior nos demais subestudos aqui realizados. Optamos por focar nos aspectos de fala e linguagem por serem estes mais robustos para extração, medição, mesmo diante de áudios com baixa relação sinal/ruído. As medidas relacionadas mais diretamente à voz são mais sensíveis perante a deterioração da qualidade da gravação, qualidade do arquivo de áudio, muito embora, quando há manutenção do mesmo padrão de gravação, seja mais viável a realização de medidas comparativas. Além disso, pretendíamos rodar modelos de classificação de padrões para futuras análises de casos sem a necessidade de medidas comparativas e, portanto, optamos por focar nas medidas de fala devido, como já mencionado, à robustez.

Voltando às análises de fala e linguagem aqui extraídas, encontramos variação estatisticamente significativa na: a) Taxa de Elocução (p -valor = 0,03), c) Duração Média das Pausas (p -valor = 0,02), d) Taxa Total de Pausas (p -valor < 0,001), e) Taxa de Pausas Fluentes (p -valor < 0,001), f) Taxa de Pausas Disfluentes (p -valor < 0,001), g) Taxa de Pausas Silenciosas Disfluentes (p -valor < 0,001), h) Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes (p -valor < 0,001).

A piora dos valores das taxas supracitadas revela aumento da instabilidade na fala à medida que o participante vai se sentindo sonolento e fatigado, fatos que sugerem impacto no controle neuromotor e, conseqüentemente, na organização temporal do discurso dos participantes, nos atos comunicativos em nível prosódico, paralinguístico e não-linguístico, no controle ao nível segmental da fala, na competência comunicativa da linguagem (atenção e concentração) e na linguagem automática (memória). Para maior entendimento de cada aspecto da comunicação

aqui mencionado, retorne aos capítulos sobre prosódia, organização temporal da fala e disfluência oral da revisão de literatura e ao roteiro para análises fornecido no capítulo de material e métodos.

As alterações supramencionadas impactam também na expressão das principais funções prosódicas como a função expressiva, a função segmentadora, a função de ênfase, a função sintática, função preditiva e função modal. Para maior entendimento das funções prosódicas, ver Fónagy (2003) no capítulo de revisão de literatura.

Esses achados corroboram os de Krajewski e Kroeger (2007); Krajewski, J. et al. (2010). Em seus estudos, esses autores também inferem que a dificuldade no fluxo de fala representa dificuldade no acesso lexical e relaciona-se à memória, ao planejamento do discurso, ao plano cognitivo e neuromotor e aparecem como sinal de alterações advindas fadiga central e sonolência.

De acordo também com Vogel et al. (2010a) e Vogel et al. (2010b), as alterações na organização temporal do discurso que tornam a fala mais lenta são provocadas pelo estado de fadiga central e sonolência. Essas mudanças ocorrem na fadiga, pois, nessa situação, há alterações nos padrões de contração muscular e nos comandos neurológicos para a fala. Os achados desses autores também corroboram com esta pesquisa.

De acordo com Merlo (2012), o aumento da disfluência possui correlação com quadros de sonolência, ou seja, quando o indivíduo passa por alterações como privação do sono apresenta-se com maior disfluência na fala. Segundo esta pesquisadora, um dos tipos de conduta clínica para tratar indivíduos com disfluência é a “higiene do sono.”

Também para Harrison e Horne (1997), as alterações mais evidentes na fala durante a privação do sono são as relativas ao ritmo, ao tom e à clareza da fala, à variação na intensidade vocal, ao *pitch* e à articulação. De acordo com Kim et al. (2001) há também impacto das funções cognitivas.

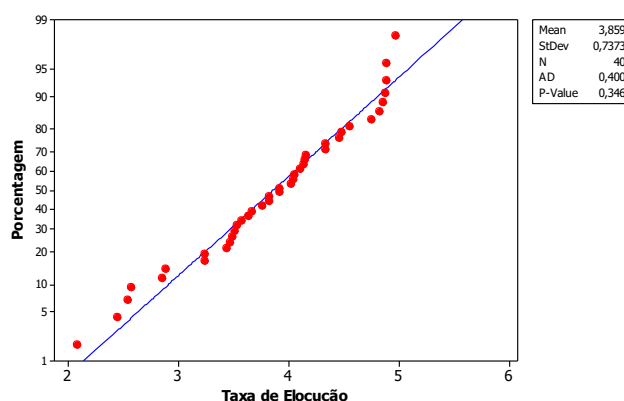
O declínio do poder de tomada de decisões e o aumento, lentificação do tempo de reação advindos de quadros de fadiga e sonolência são relacionados, na literatura

científica, às alterações cognitivo-fisiológicas como redução da atenção, concentração, memória, redução da temperatura do corpo, a diminuição da tensão muscular, decréscimo da velocidade de contração muscular por falhas na condução do impulso nervoso, o que promove a redução do número de unidades motoras ativas e a diminuição da frequência de acionamento dos motoneurônios levando o indivíduo a apresentar capacidade neurocomportamental semelhante ao de situações de embriaguez. Desse modo, as avaliações de fala vêm sendo apontadas como métodos promissores para a detecção da fadiga humana do tipo central e da sonolência por serem sensíveis na detecção de indícios no declínio do poder de tomada de decisão e na lentificação, no aumento do tempo de reação. (SHANTHA, 2001; ASCENSÃO et al., 2003; KNICKER, 2011; KRAJEWSKI; KROEGER; 2007; KRAJEWSKI et al., 2010; KRAJEWSKI et al., 2009; RUIZ et al., 2008; SHIOMI et al., 2012; VOGEL et al., 2010a; VOGEL et al., 2010b; GREELEY et al., 2007; GREELEY et al., 2013). Essas inferências científicas aqui mencionadas também corroboram com nossos achados.

a) Variável Taxa de Elocução

Para a variável Taxa de Elocução na fala espontânea, verificou-se que as amostras dos participantes seguiam distribuição normal, conforme demonstrado no Gráfico 69 do teste a seguir.

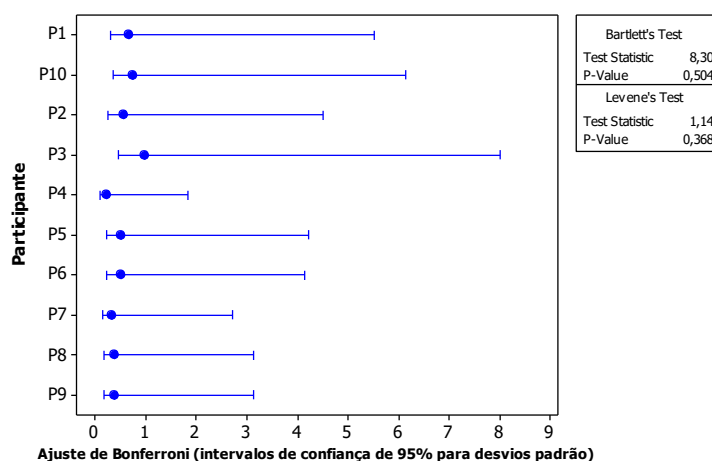
Gráfico 69 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea



Como podemos constatar, ao conferir o resultado, não é possível rejeitar a hipótese nula de normalidade das amostras tendo em vista que o p-valor = 0,346.

Foi verificado também que as amostras para a variável Taxa de Elocução eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado (Gráfico 70 a seguir).

Gráfico 70 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea



Conforme podemos constatar ao analisarmos os testes de esfericidade (ou homocedasticidade, ou de igualdade de variâncias) para a Taxa de Elocução dos participantes, não é possível rejeitar a hipótese nula de esfericidade das amostras, pois tanto o teste de Bartlett como o de Levene tiveram p-valores de, respectivamente, 0,50 e 0,36.

É importante ressaltar que nestes resultados, os intervalos de confiança de Bonferroni indicam que é possível ter 95% de certeza de que todo o conjunto de intervalos de confiança inclui os verdadeiros desvios padrão da amostra para todos os grupos. Controlar o nível de confiança simultâneo é particularmente importante quando você avalia intervalos de múltiplas comparações. Se você não controlar o nível de confiança simultâneo, a probabilidade de que pelo menos um intervalo de confiança não contenha o desvio padrão verdadeiro aumenta com o número de intervalos de confiança. Os intervalos de confiança de Bonferroni fornecem estimativas menos precisas do parâmetro das amostras, mas limitam a probabilidade de que um ou mais intervalos de confiança não contenham o parâmetro a um máximo de 5%.

Após a aplicação dos referidos testes e da confirmação de que as amostras da variável atendiam aos pré-requisitos supramencionados, procedeu-se ao teste GLM pareado.

O resultado para a variável Taxa de Elocução foi estatisticamente significativo, pois o p-valor foi de 0,03, conforme podemos verificar por meio da Tabela 51 a seguir.

Tabela 51 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Elocução ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0						
	T1	3	4,59	4,59	1,53	3,32	0,03
	T2						
	T3						
Erro		36	16,61	16,61	0,46		
Total		39	21,20				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

A seguir será explicado cada item da análise do GLM. As informações são fornecidas pelo software utilizado neste cálculo, o MINITAB 16:

DF: Os graus de liberdade (DF) são a quantidade de informações em seus dados. A análise usa essas informações para estimar os valores de parâmetros populacionais desconhecidos. O DF total é determinado pelo número de observações em sua amostra. O DF para um termo mostra a quantidade de informação que o termo usa. Aumentar o tamanho da amostra fornece mais informações sobre a população, que aumenta o DF total. Aumentar o número de termos em seu modelo usa mais informações, o que diminui o DF disponível para estimar a variabilidade das estimativas dos parâmetros.

Seq SS: As somas dos quadrados sequenciais são medidas da variação para os diferentes componentes do modelo. Ao contrário das somas de quadrados ajustadas, as somas dos quadrados sequenciais dependem da ordem em que os termos são inseridos no modelo. Na tabela Análise de Variância, o Minitab separa as somas

dos quadrados sequenciais em diferentes componentes que descrevem a variação devida a diferentes fontes. A soma dos quadrados sequenciais para um termo é a parte única da variação explicada por um termo que não é explicado pelos termos digitados anteriormente. Ele quantifica o montante de variação nos dados de resposta que é explicado por cada termo conforme ele é adicionado sequencialmente ao modelo. A soma dos quadrados dos erros é a soma dos quadrados dos resíduos. Ela quantifica a variação nos dados que os preditores não explicam. A soma dos quadrados total é a soma do termo das somas dos quadrados e o erro da soma dos quadrados. Ela quantifica a variação total nos dados. O Minitab usa a soma dos quadrados sequenciais para calcular o valor de p para um termo. O Minitab também usa a soma dos quadrados para calcular a estatística R^2 . Normalmente, você interpreta os valores de p e a estatística R^2 em vez da soma dos quadrados.

Adj SS: A soma dos quadrados ajustada é uma medida da variação para os diferentes componentes do modelo. A ordem dos preditores do modelo não afeta o cálculo da soma dos quadrados ajustada. Na tabela de análise de variância, o Minitab separa as somas dos quadrados em diferentes componentes que descrevem a variação devida a várias fontes. A soma dos quadrados ajustada para um termo é o aumento na soma dos quadrados de regressão em relação a um modelo com apenas os outros termos. Ele quantifica o montante de variação nos dados de resposta que é explicado por cada termo no modelo. A soma dos quadrados dos erros é a soma dos quadrados dos resíduos. Ela quantifica a variação nos dados que os preditores não explicam. A soma dos quadrados total é a soma da soma dos quadrados do termo e a soma dos quadrados dos erros. Ela quantifica a variação total nos dados. O Minitab usa a soma dos quadrados ajustadas para calcular o valor de p para um termo. O Minitab também usa a soma dos quadrados para calcular a estatística R^2 . Normalmente, você interpreta os valores de p e a estatística R^2 em vez da soma dos quadrados.

Adj MS: Os quadrados médios ajustados medem o quanto a variação de um termo ou um modelo explica, assumindo que todos os outros termos estão no modelo, independentemente da ordem em que foram inseridos. Diferentemente das somas dos quadrados ajustadas, os quadrados médios ajustados consideram os graus de liberdade. O quadrado médio do erro ajustado (também chamado MSE ou S^2) é a variância em torno dos valores ajustados. O Minitab usa os quadrados médios ajustados para calcular o valor de p para um termo. O Minitab também usa os quadrados médios ajustados para calcular a estatística R^2 ajustada. Normalmente, você interpreta os valores de p e a estatística R^2 ajustada em vez dos quadrados médios ajustados.

Valor de F: O Minitab usa o valor de F para calcular o valor de p, que pode ser usado para a tomada de uma decisão sobre a significância estatística dos termos e do modelo. O valor de p é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula. As probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes contra a hipótese nula.

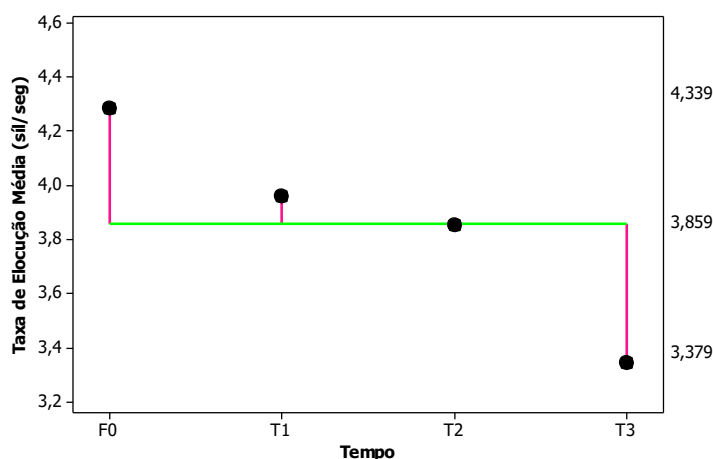
Valor-p: O valor-p é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula. As probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes contra a hipótese nula. Para determinar se a associação entre a resposta e cada termo no modelo é estatisticamente significativa, compare o valor-p para o termo com o seu nível de significância a fim de avaliar a hipótese nula. A hipótese nula é que não há nenhuma associação entre o termo e a resposta. Geralmente, um nível de significância (denotado como α ou alfa) de 0,05 funciona bem. Um nível de significância de 0,05 indica um risco de 5% de se concluir que existe uma associação quando não existe uma associação real. Se o valor-p for menor ou igual ao nível de significância, é possível concluir que há uma associação estatisticamente significativa entre a variável de resposta e o termo. Se o valor-p for maior ou igual ao nível de significância, não é

possível concluir que há uma associação estatisticamente significativa entre a variável de resposta e o termo.”

Como podemos observar pelo resultado da Tabela 51 anterior, a variável Taxa de Elocução apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor = 0,03.

Por meio dos Gráficos 71, 72 e 73 a seguir, podemos verificar visualmente como o valor da taxa de elocução dos participantes foi diminuindo ao longo do tempo.

Gráfico 71 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo



Valores para a taxa de elocução quando os participantes estavam no momento F0 (folga e em condição descansada) e no momento T (trabalho, de preferência em dias em que estivessem se sentindo cansados/sonolentos). T1 = 1 hora após terem acordado; T2 = 8 horas após terem acordado e T3 = 16 horas após terem acordado.

Gráfico 72 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo

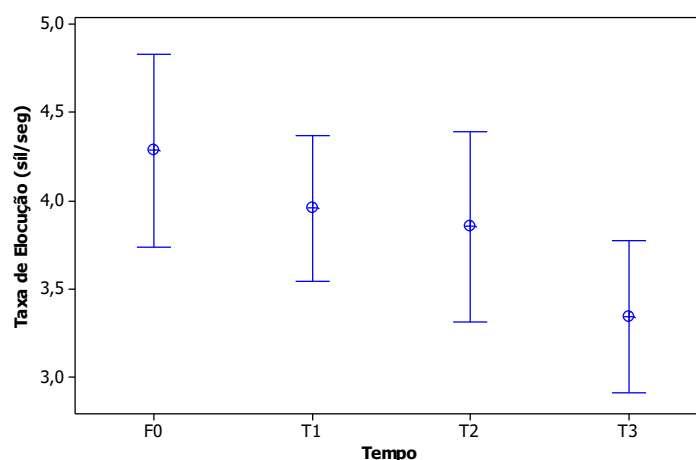
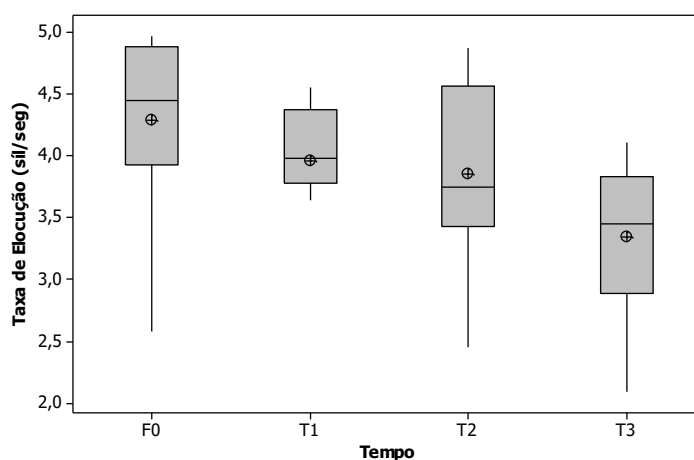
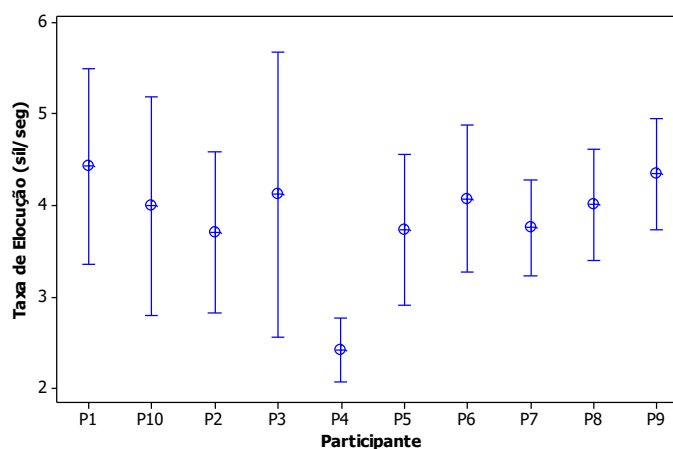


Gráfico 73 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo



Nas nossas amostras, tivemos um *outlier*, conforme será demonstrado no Gráfico 74 a seguir. O participante 4 não coletou seus dados em dia de folga no qual estivesse realmente se sentindo descansado. Inclusive ele relata esse fato no áudio de fala espontânea do dia de folga. Provavelmente por isso, seu desempenho foi inferior ao dos demais informantes da pesquisa.

Gráfico 74 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) de cada participante



Como podemos verificar ao observar o gráfico, nitidamente o quarto participante é um *outlier*.

Quando o retiramos dos cálculos, embora em valores absolutos os resultados fiquem melhores, em valores estatísticos os resultados se mantêm. Portanto, resolvemos apresentar os resultados com o informante 4 incluso. Até mesmo porque, apesar do informante 4 apresentar valores absolutos menores que os demais participantes no dia de folga, ele ainda apresenta o mesmo padrão de piora no desempenho de fala ao longo do tempo.

Tabela 52 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Elocução ao longo do tempo – sem o informante 4

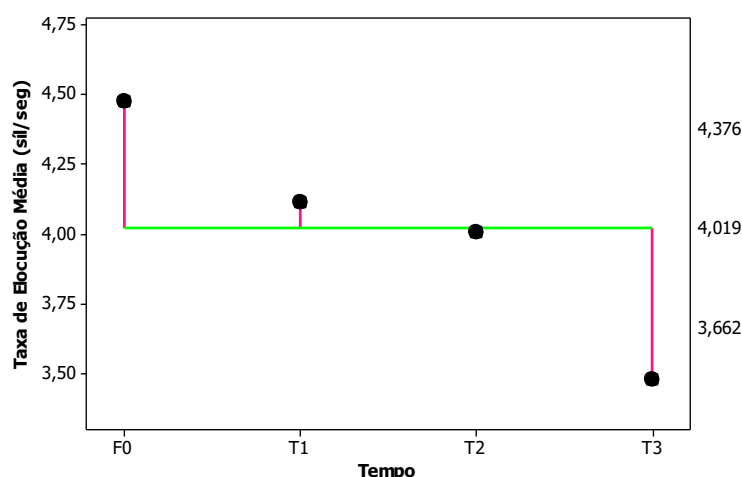
Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	4,56	4,56	1,52	6,71	0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		32	7,25	7,25	0,23		
Total		35	11,81				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Podemos constatar, por meio da análise da Tabela 52 anterior, que o resultado do p-valor do GLM sem o informante 4 fica, em valor absoluto, ainda menor, mas ambos os resultados são estatisticamente significativos.

O primeiro gráfico do desempenho para a Taxa de Elocução ao longo do tempo, Gráfico 71, mostrado anteriormente, bem como todos os demais resultados estatísticos, incluem o Participante 4 (*outlier*). Mas podemos ver que mesmo retirando-o não há alteração significativa do resultado em conjunto. Como exemplo, podemos analisar o Gráfico 75 a seguir:

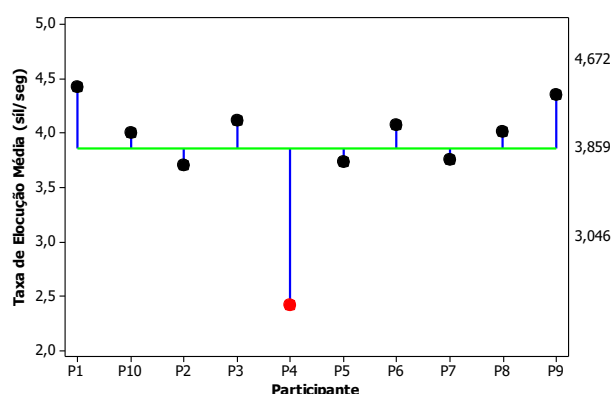
Gráfico 75 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo – sem o informante 4



Podemos ver que mesmo sem o *outlier*, não houve uma mudança na forte preponderância do tempo em abaixar a média de desempenho na taxa de elocução dos indivíduos, sobretudo no instante T3.

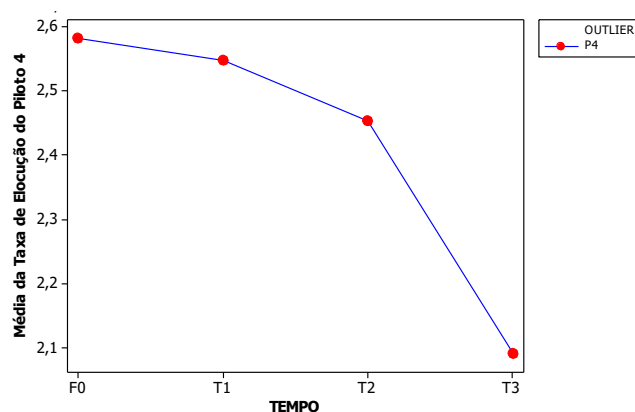
No Gráfico 76 a seguir, podemos verificar que o informante 4 destoa dos demais participantes, pois apresenta valor médio para a Txa de Elocução bem inferior ao dos demais participantes.

Gráfico 76 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) de cada piloto ao longo do tempo



Como já relatado anteriormente, apesar de apresentar valor médio inferior aos demais participantes, o P4, apresentou o mesmo padrão de variação média da Taxa de Elocução ao longo do tempo, ou seja, apresentou piora no seu desempenho, conforme podemos observar no Gráfico temporal, número 77, a seguir.

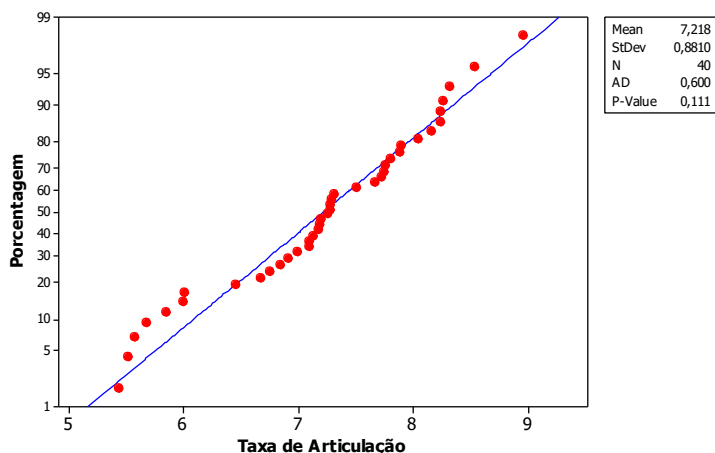
Gráfico 77 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) do piloto 4 ao longo do tempo



É importante ressaltar que o P4 apresentou queixa de cansaço no dia de coleta da folga. Inclusive relatou que não havia sido um dia de descanso, mas um dia de trabalho em casa (para verificar a queixa, favor ouvir o arquivo de áudio do P4 do dia de folga).

b) Variável Taxa de Articulação

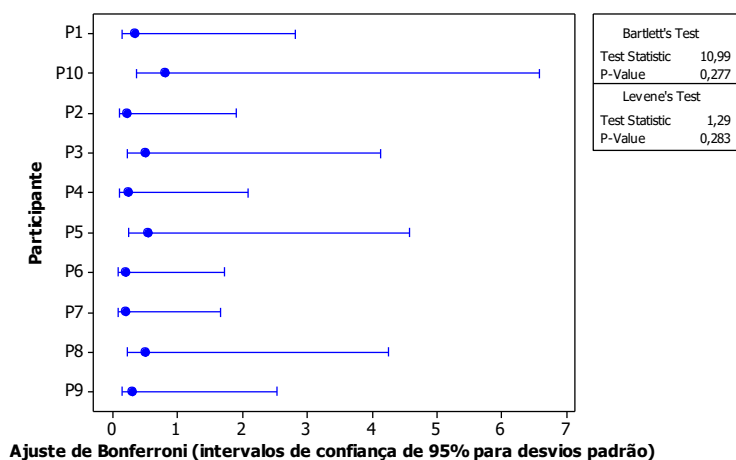
Gráfico 78 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Articulação da Fala Espontânea



A variável Taxa de Articulação também seguia a normalidade distributiva, conforme demonstrado no Gráfico 78. Não é possível rejeitar a hipótese nula de normalidade das amostras tendo em vista que o p-valor = 0,11.

Também as amostras para a variável Taxa de Articulação eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado (Gráfico 79 a seguir).

Gráfico 79 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea



Para a variável Taxa de Articulação não houve variação estatística nas medidas repetidas no tempo de acordo com o teste GLM pareado, p -valor = 0,939 (Tabela 53 a seguir).

Tabela 53 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Articulação ao longo do tempo

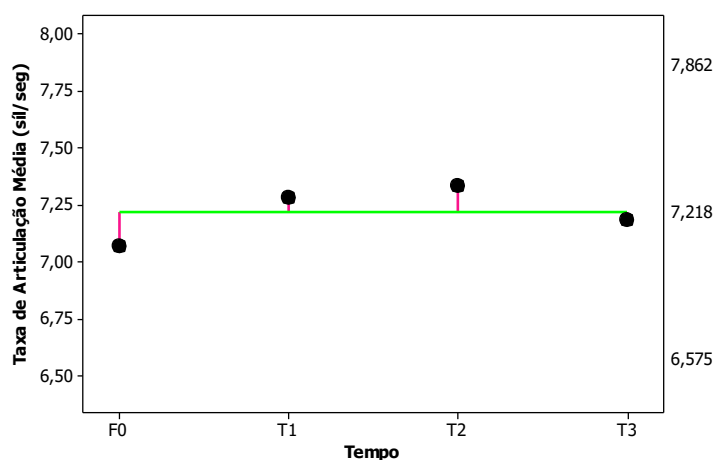
Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,32	0,32	0,11	0,13	0,9
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	29,01	29,01	0,81		
Total		39	29,34				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Ressaltamos que a Taxa de Articulação só engloba sílabas fluentes produzidas. Portanto, descontam-se todas as pausas silenciosas e preenchidas. Quando a articulação, a parte motora da fala do indivíduo se torna lentificada a ponto de afetar a qualidade da produção sonora do fonema, causando uma distorção na sílaba, essa é contada como disfluência e, sendo assim, descontada da Taxa de Articulação.

Posto isso, podemos constatar que as produções motoras silábicas categorizadas como produção fluente não apresentaram variações estatisticamente significativas ao longo do tempo. Isto não exclui a possibilidade de queda no desempenho motor da fala dos participantes, tendo em vista que, como dito anteriormente, as produções lentificadas, contendo prolongamento hesitativo ou distorção fonêmica foram contabilizadas como pausa preenchida.

Gráfico 80 - Representação dos valores médios da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo



Podemos verificar a constância do valor médio da taxa de articulação dos participantes ao longo do tempo por meio dos Gráficos 80, 81 e 82.

Gráfico 81 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo

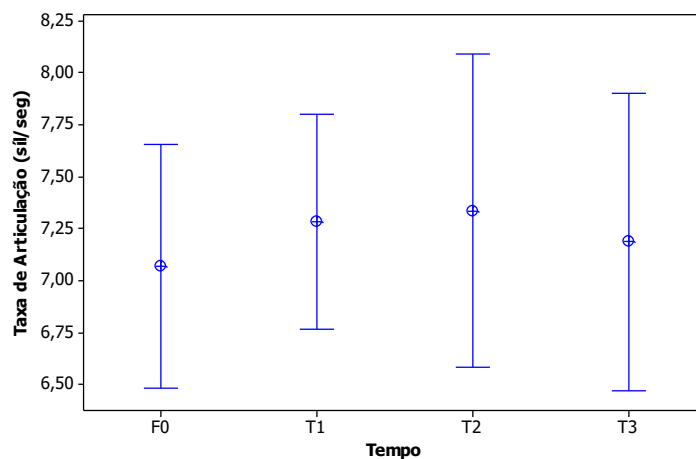
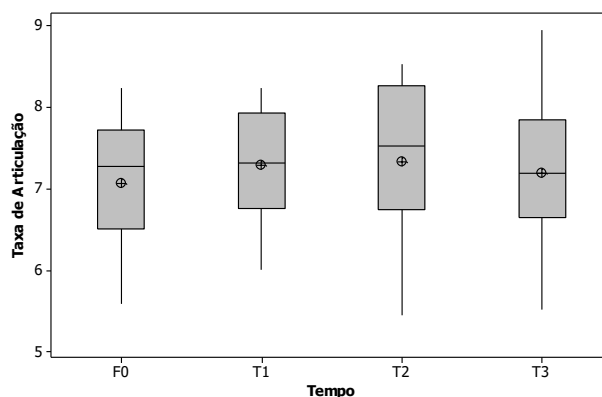


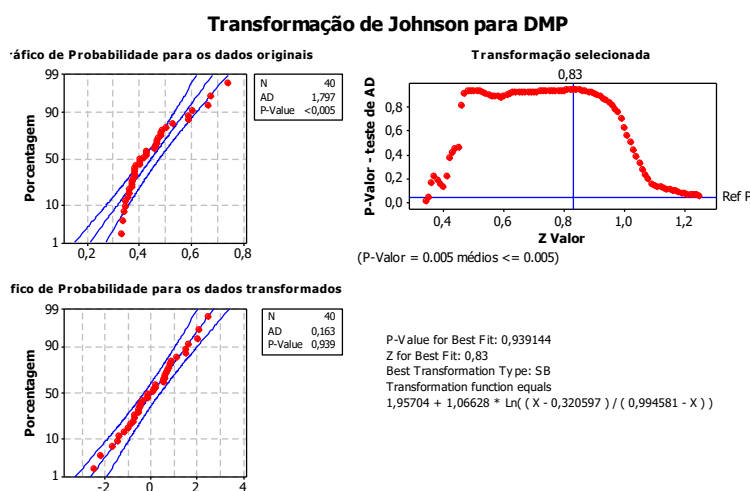
Gráfico 82 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo



c) Variável DMP (Duração Média das Pausas)

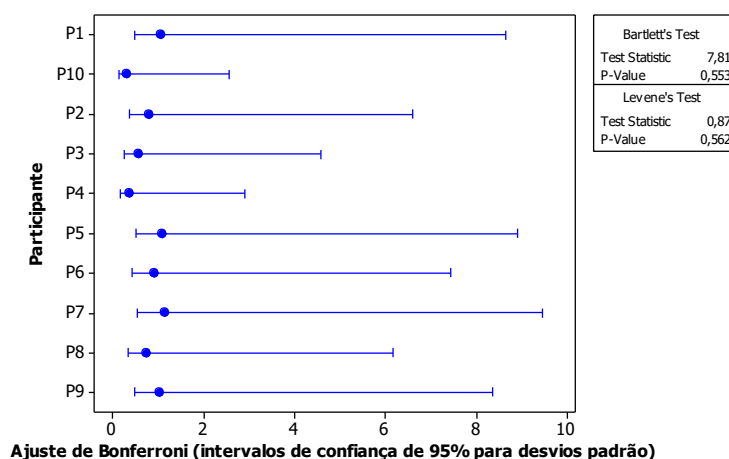
Para a variável DMP (Duração Média das Pausas), verificou-se que essa não seguia distribuição normal. Portanto, decidiu-se transformar os dados, conforme demonstrado no Gráfico 83 a seguir, usando a transformada de Johnson ao invés de se aplicar um teste não-paramétrico para medidas repetidas como, por exemplo, o teste de Friedman. Isso porque preferimos utilizar o mesmo teste estatístico e as mesmas análises gráficas para todas as variáveis.

Gráfico 83 - Transformação de Johnson para a Duração Média das Pausas da Fala Espontânea



Após a transformação, o p-valor para o teste de Anderson-Darling foi de 0,93. Portanto, não se podia rejeitar a hipótese nula de normalidade dos dados transformados.

Gráfico 84 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Duração Média das Pausas transformada da Fala Espontânea



As amostras para a variável DMP transformadas também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado (Gráfico 84 anterior).

Tabela 54 - GLM pareado para testar a significância da variação da DMP transformada ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	11,55	11,55	3,85	3,44	0,02
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	40,32	40,32	1,12		
Total		39	51,88				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Após aplicarmos o GLM, pudemos verificar que a variável DMP também apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo, o p-valor foi de 0,02.

Gráfico 85 - Representação dos valores médios da DMP em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

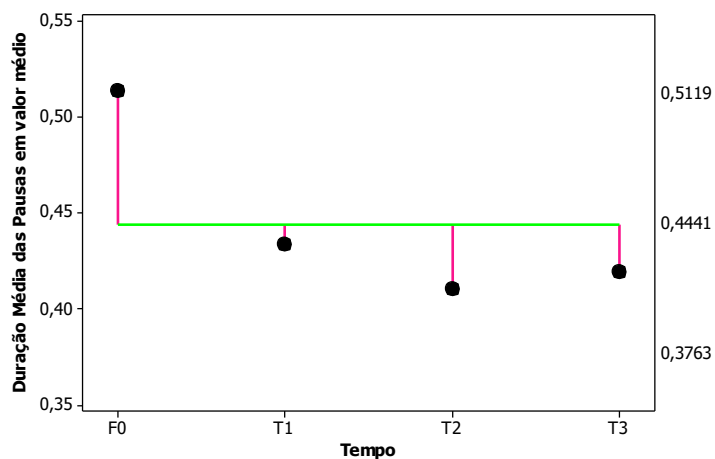


Gráfico 86 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

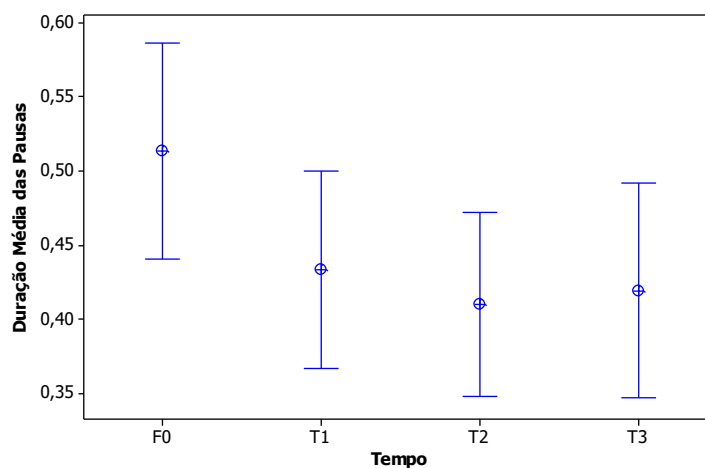
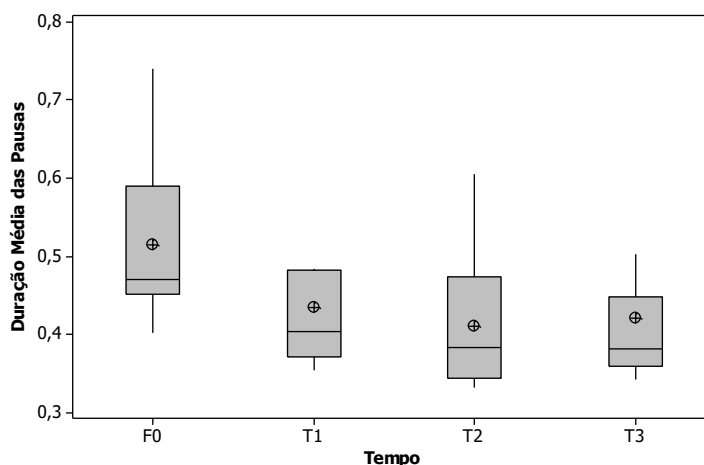
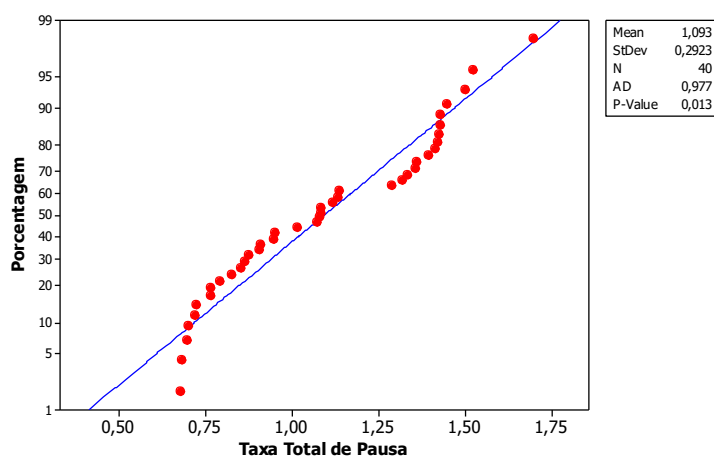


Gráfico 87 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



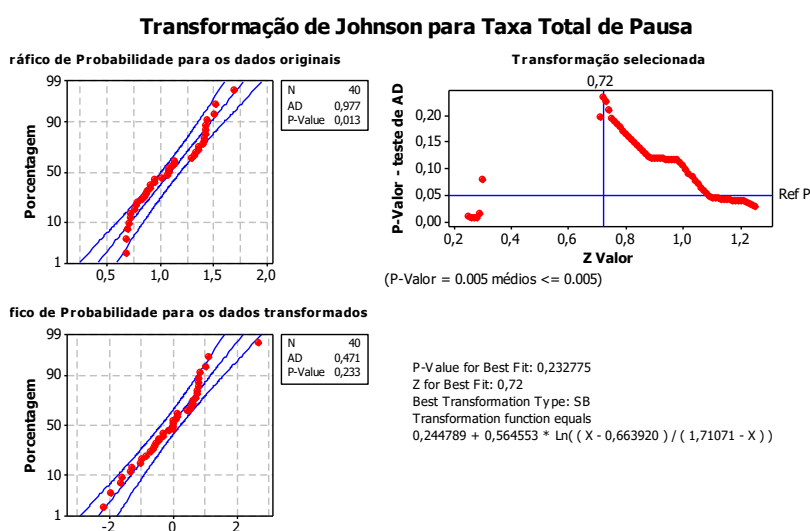
d) Variável Taxa Total de Pausa

Gráfico 88 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa Total de Pausa da Fala Espontânea



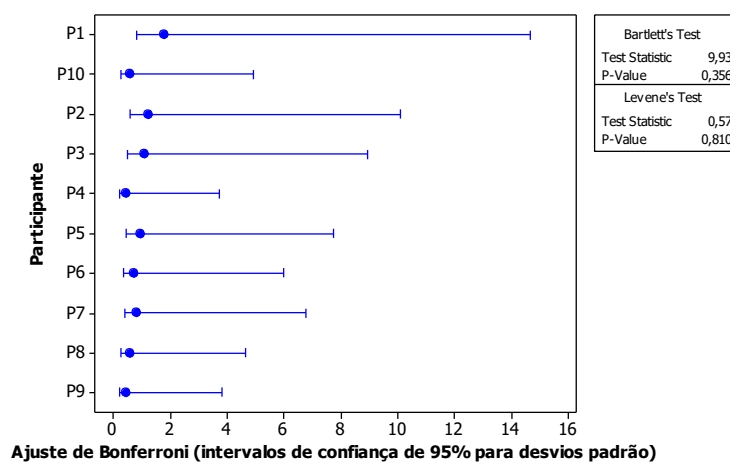
Teste de normalidade para Taxa Total de Pausa. Como a medida não seguia distribuição normal, p-valor = 0,013, optou-se pela transformação dos dados, seguindo a mesma linha da DMP.

Gráfico 89 - Transformação de Johnson para a Taxa Total de Pausa da Fala Espontânea



Após a Transformação, podemos observar que, no teste de Anderson-Darling, a variável Txa TP seguia distribuição normal, pois o p-valor = 0,2.

Gráfico 90 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa Total de Pausas transformada da Fala Espontânea



As amostras para a variável Taxa Total de Pausa transformada também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 55 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa Total de Pausa ao longo do tempo

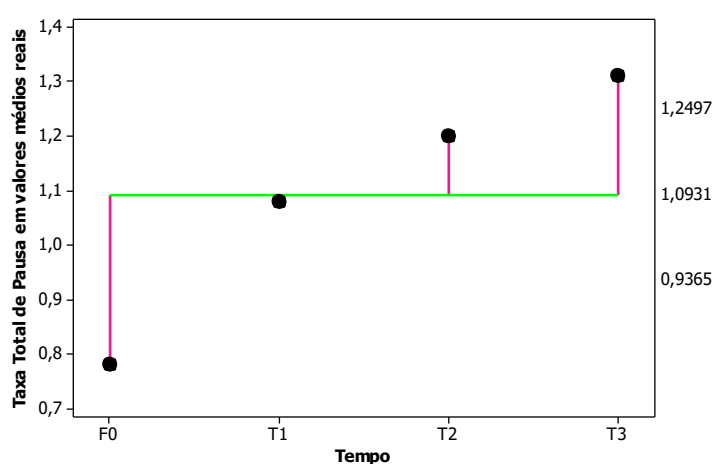
Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	1,57	1,57	0,52	10,64	< 0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	1,77	1,77	0,05		
Total		39	3,33				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Pausas Fluentes apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor < 0,001.

Por meio do Gráfico 91 a seguir, podemos verificar visualmente como o valor da Taxa de Pausas Fluentes dos participantes foi aumentando ao longo do tempo.

Gráfico 91 - Representação dos valores médios da Taxa Total de Pausa em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo



Como podemos verificar, ao analisarmos o gráfico anterior, a Taxa Total de Pausas aumentou ao longo do tempo.

Gráfico 92 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

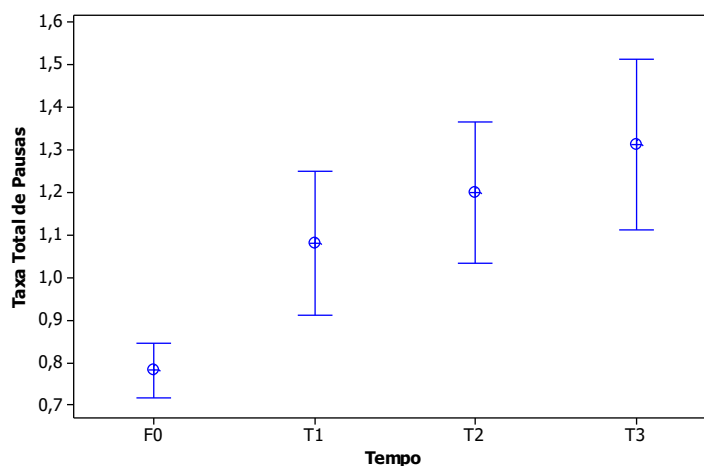
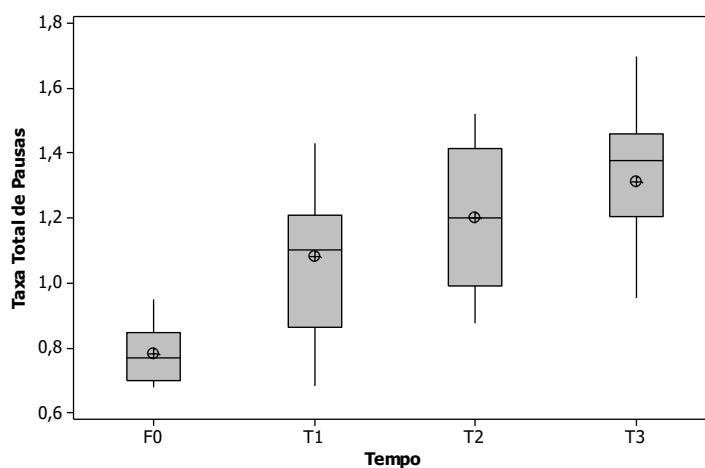
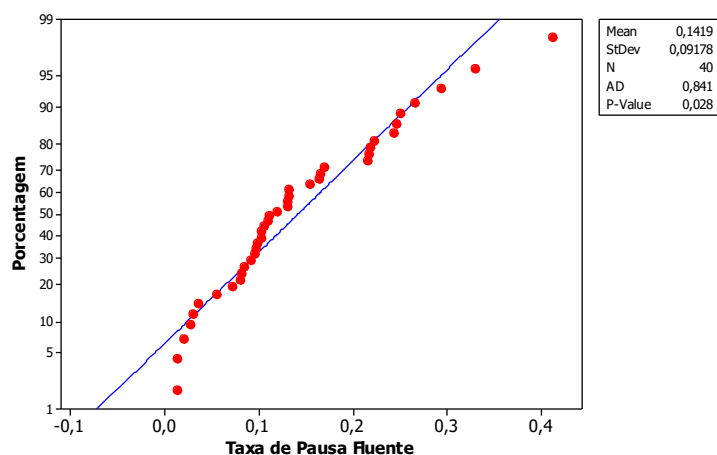


Gráfico 93 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



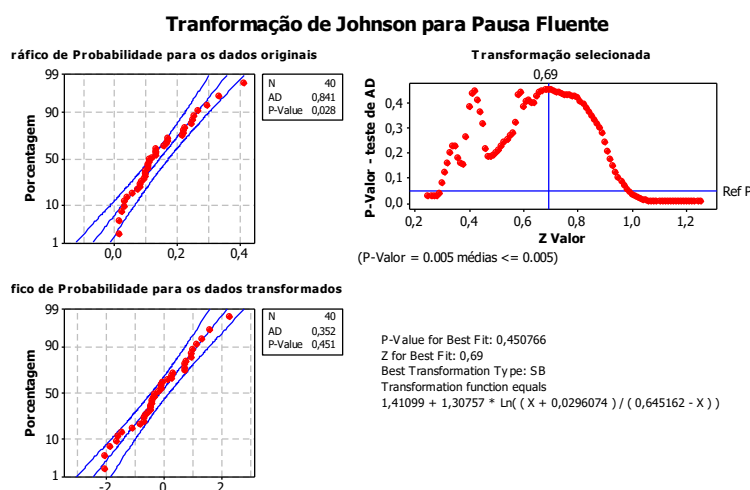
e) Taxa de Pausas Fluente

Gráfico 94 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Fluente da Fala Espontânea



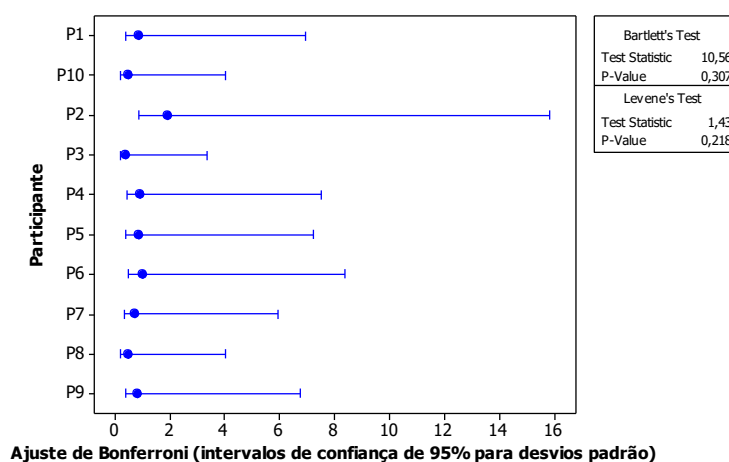
Teste de normalidade para Taxa de Pausa Fluente. Como a medida não seguia distribuição normal, p-valor = 0,03, optou-se pela transformação dos dados.

Gráfico 95 - Transformação de Johnson para a Taxa de Pausas Fluente da Fala Espontânea



Após a Transformação, podemos observar que, no teste de Anderson-Darling, a variável Txa PF seguia distribuição normal, pois o p-valor = 0,45.

Gráfico 96 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Fluentes transformada da Fala Espontânea



As amostras para a variável Taxa de Pausas Fluentes transformada também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 56 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Fluentes ao longo do tempo

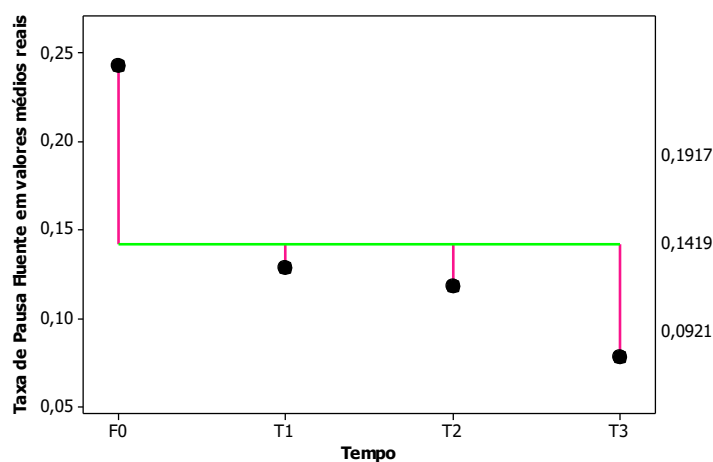
Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	15,73	15,73	5,24	8,04	< 0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	23,48	23,48	0,65		
Total		39	39,21				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Pausas Fluentes apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor < 0,001.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor da Taxa de Pausas Fluentes dos participantes foi diminuindo ao longo do tempo.

Gráfico 97 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Fluentes em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo



Taxa de Pausas Fluentes com valores reais – se o falante hesitasse antes de uma pausa silenciosa, essa era contada como disfluente, pois, quando isso ocorre, o falante interrompe sua articulação, se planeja e, só então, retoma sua fala. Então essa era uma pausa hesitativa para o planejamento cognitivo do discurso, embora também pudesse ser usada para respiração, conforme ocorre na pausa fluente respiratória.

Gráfico 98 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PF em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

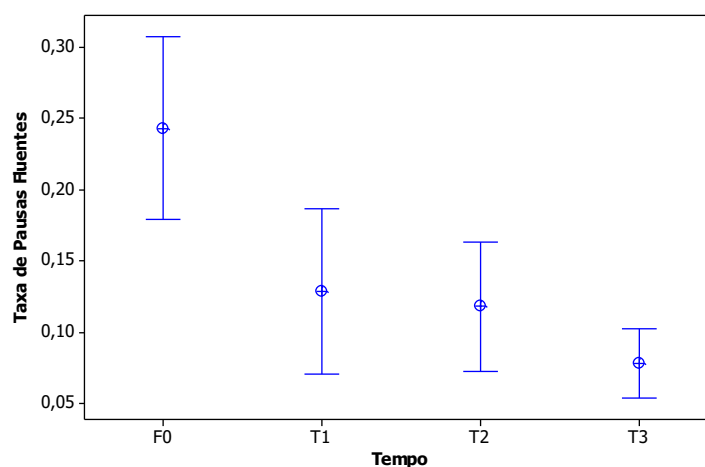
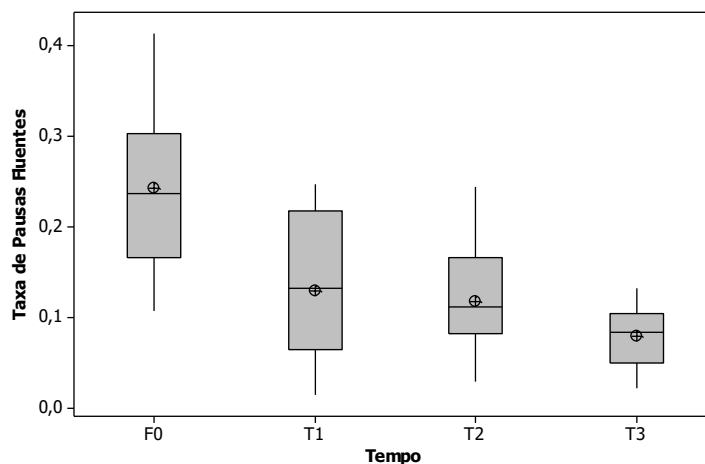
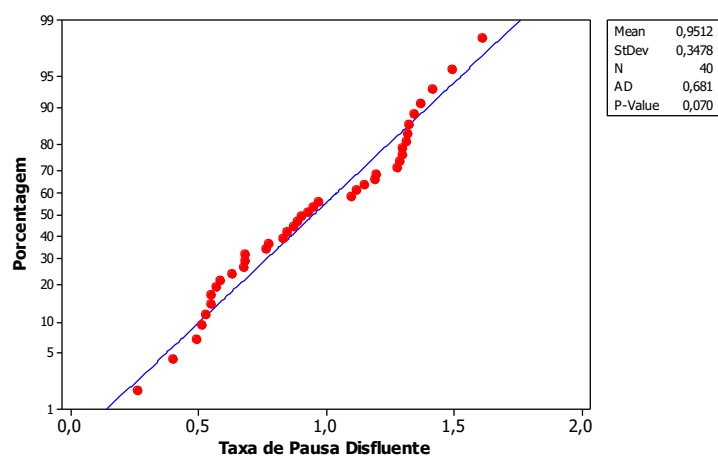


Gráfico 99 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PF em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



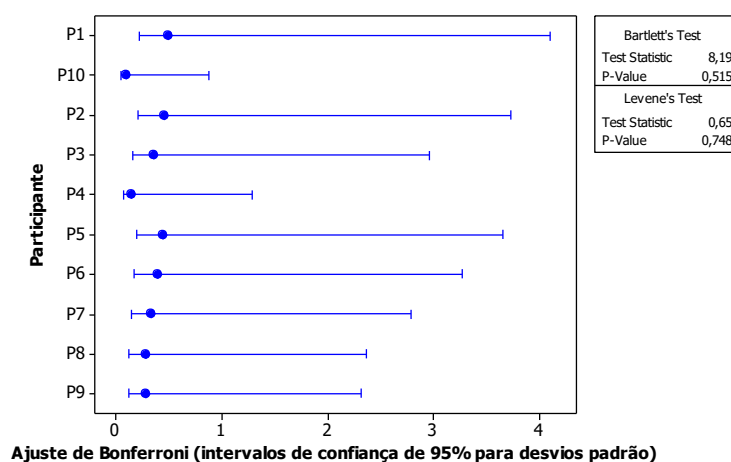
f) Taxa de Pausa Disfluente

Gráfico 100 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Disfluente da Fala Espontânea



Teste de normalidade para Taxa de Pausas Disfluente. Como podemos observar pelo gráfico e também pelo p-valor = 0,070, a variável segue distribuição normal.

Gráfico 101 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Disfluentes da Fala Espontânea



As amostras para a variável Taxa de Pausas Disfluentes também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 57 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Disfluentes ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	2,67	2,67	0,89	15,68	< 0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	2,04	2,04	0,06		
Total		39	4,72				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Pausas Disfluentes apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor < 0,001.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor Disfluência dos participantes foi aumentando ao longo do tempo.

Gráfico 102 - Representação dos valores médios da Taxa Total de Pausas Disfluente em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

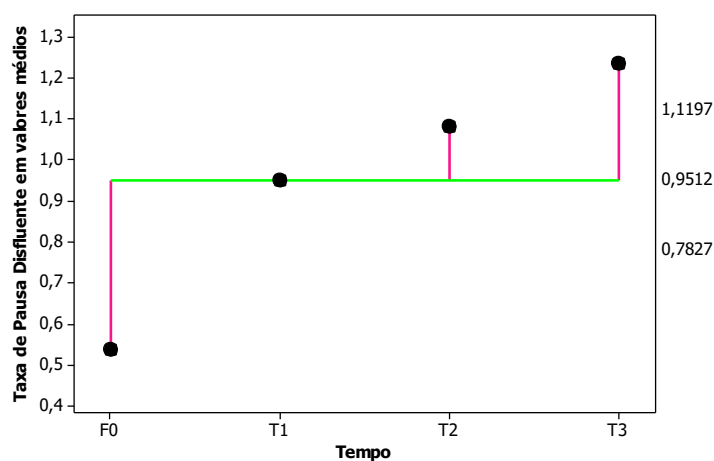


Gráfico 103 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa PD (em segundos) ao longo do tempo

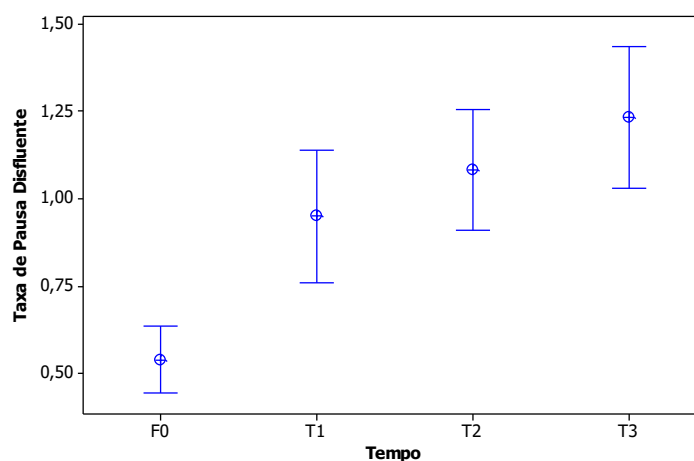
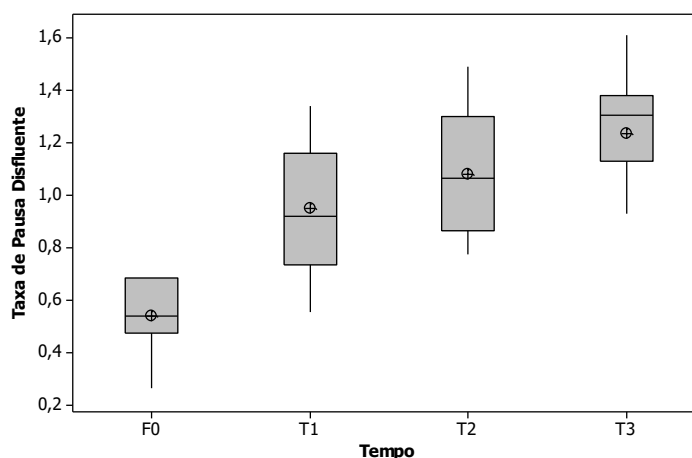
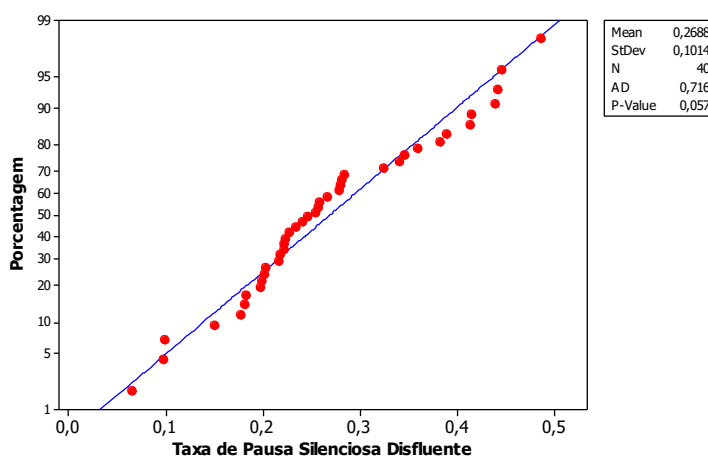


Gráfico 104 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa PD (em segundos) ao longo do tempo

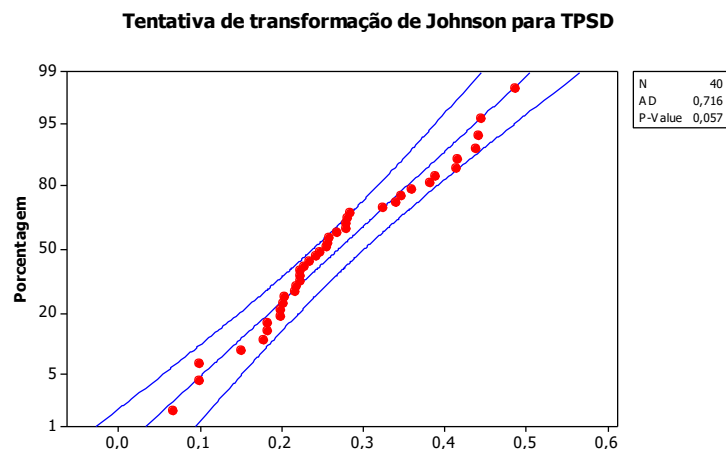


g) Taxa de Pausas Silenciosas Disfluentes

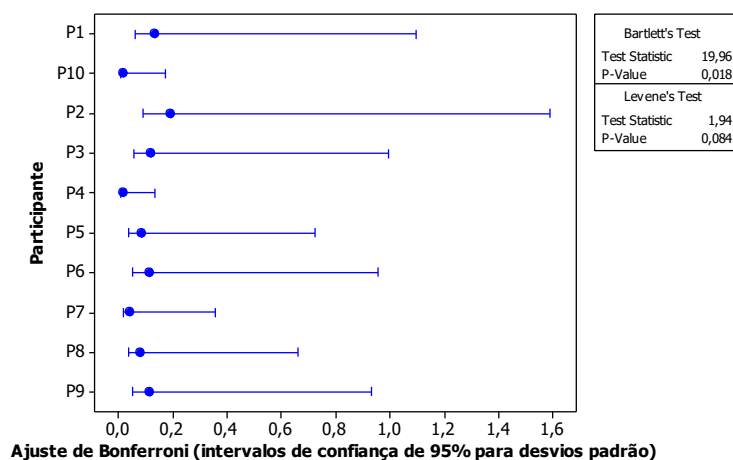
Gráfico 105 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Silenciosas Disfluentes da Fala Espontânea



Nos casos de p-valores limítrofes, como o resultado demonstrado no gráfico anterior, a transformação dos dados não funciona. O cálculo de Johnson é programado para transformar dados com p-valores exatamente iguais ou inferiores a 0,05. Valores, superiores a 0,05, mesmo que levemente como o caso anterior, são interpretados como sendo de distribuição normal. Deixamos o gráfico da tentativa de transformação para mostrar o fato. Além disso, ressaltamos que em valores limítrofes para normalidade, os testes paramétricos conseguem realizar os cálculos de forma satisfatória.

Gráfico 106 - Tentativa de Transformação dos dados da Taxa de PSD

P-Valor para os dados originais > 0,05. Nenhuma função de transformação Johnson foi acionada.

Gráfico 107 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de PSD da Fala Espontânea

Para esta variável, como podemos verificar, a condição de esfericidade foi atendida no teste de Levene, pois o p-valor foi de 0,08, mas não no teste de Bartlett, p-valor = 0,02.

Diante do fato, optou-se por realizar o teste estatístico para medidas paramétricas e esféricas, o GLM pareado, e outro para medidas não-paramétricas, Friedman. Isso com o objetivo de se verificar se, nesse caso limítrofe, o resultado para a significância estatística seria distinto.

Conforme podemos observar por meio das tabelas a seguir, ambos os testes apresentaram resultados estatisticamente significativo para a mudança variável em análise ao longo do tempo, pois o p-valor no GLM foi $< 0,000$ e no teste de Friedman foi $= 0,001$.

Tabela 58 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa PSD

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,18	0,18	0,06	10,30	$< 0,001$
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	0,21	0,21	0,01		
Total		39	0,40				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Tabela 59 - Friedman para testar a significância da variação da Taxa PSD ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Mediana	Soma das Classificações	S	P
Tempo	F0	3	0,16	12,0	15,60	$= 0,001$
	T1		0,27	26,0		
	T2		0,28	28,0		
	T3		0,33	34,0		
Mediana Global		0,26				

DF: grau de liberdade; S: estatística S (teste S); P: nível de significância.

A seguir será explicado cada item da análise do teste de Friedman. As informações são fornecidas pelo software utilizado neste cálculo, o MINITAB 16:

“**DF** - Os graus de liberdade (DF) são iguais ao número de grupos em seus dados menos 1. Sob a hipótese nula, distribuição do qui-quadrado se aproxima da distribuição da estatística de teste, com os

graus de liberdade especificados. O Minitab utiliza a distribuição do qui-quadrado para estimar o valor de p para este teste.

S – O teste de Friedman usa a estatística de teste S, para calcular o valor de p. A estatística de teste tem uma distribuição de qui-quadrado (χ^2) aproximada, com graus de liberdade associados ($k - 1$). Se os dados dentro de um ou mais blocos tiverem empates, o Minitab usa a classificação média e imprime um teste estatístico que foi corrigido para empates. Uma estatística de teste suficientemente elevada indica que pelo menos uma diferença entre as medianas é estatisticamente significativa.

Mediana - A mediana é o ponto médio do conjunto de dados. Este valor é o ponto médio em que metade das observações estão acima do valor e metade das observações estão abaixo do valor. A mediana é determinada por classificar as observações e encontrar a observação com o número $[N + 1] / 2$ na ordem de grandeza. Se os dados contêm um número par de observações, a mediana é o valor médio das observações que são classificadas com números de $N / 2$ e $[N / 2] + 1$. A mediana da amostra é uma estimativa da mediana da população de cada grupo. A mediana global é a média de todas as observações.

Soma das Classificações - O Minitab classifica os dados separadamente dentro de cada bloco e, em seguida, resume as classificações para cada tratamento. Os valores de dados mais altos recebem classificações mais altas. Uma soma de classificações mais alta indica que um tratamento está associado a níveis mais elevados. O Minitab usa a soma das classificações para calcular S, a estatística de teste para o teste de Friedman.”

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor médio da Taxa de PSD dos participantes aumentou ao longo do tempo.

Gráfico 108 - Representação dos valores médios da Taxa PSD (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

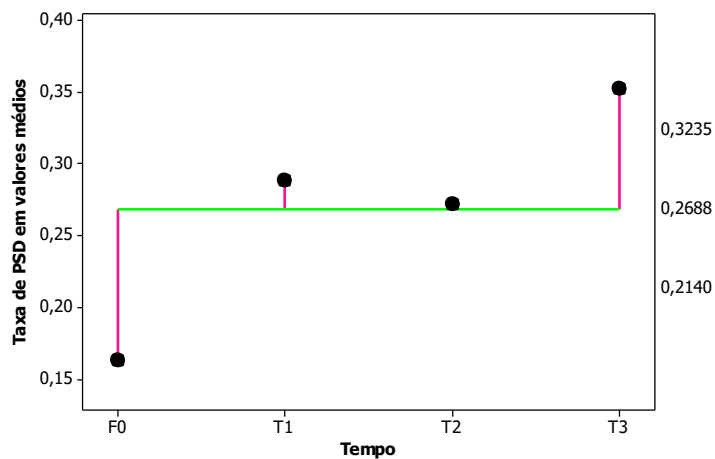


Gráfico 109 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PSD (em segundos) ao longo do tempo

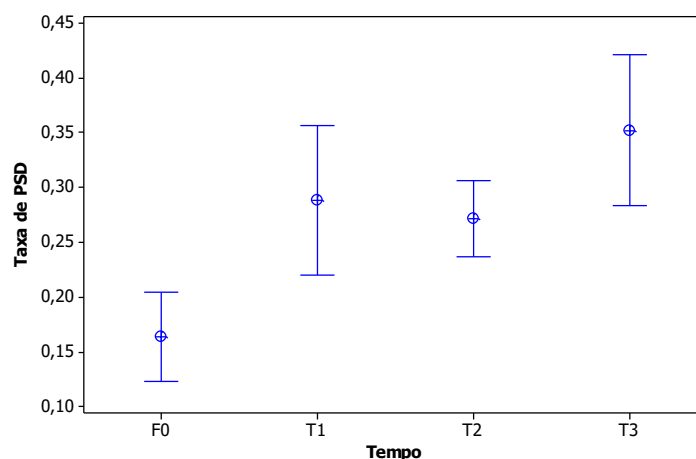
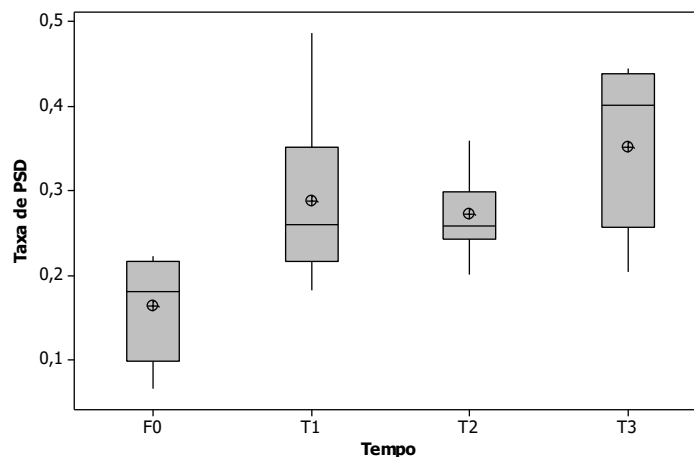
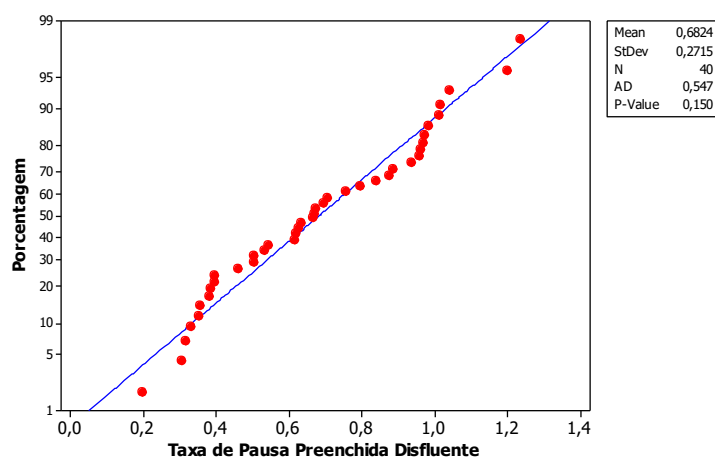


Gráfico 110 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PSD (em segundos) ao longo do tempo



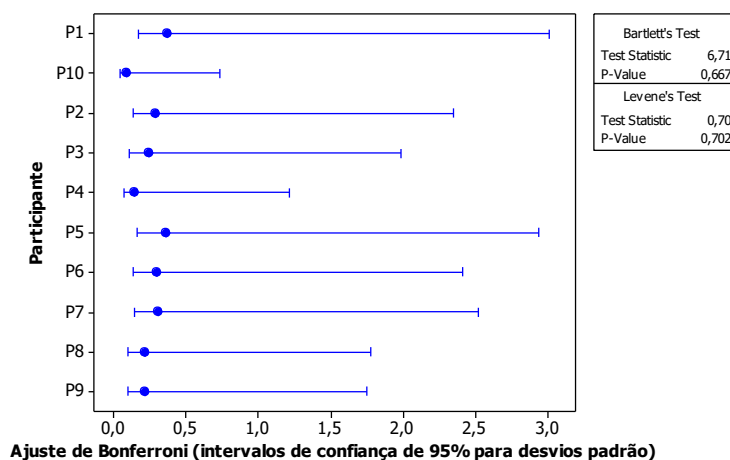
h) Taxa de Pausa Preenchida Disfluente

Gráfico 111 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de PPD da Fala Espontânea



Como podemos verificar pelo gráfico e, sobretudo, pelo resultado do teste de AD, a variável Taxa de PPD segue distribuição normal, pois o p-valor = 0,150.

Gráfico 112 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de PPD da Fala Espontânea



As amostras para a variável Taxa de PPD também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 60 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de PPD ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	1,50	1,50	0,50	13,18	< 0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	1,37	1,37	0,04		
Total		39	2,87				

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor = 0,000.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor da Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes dos participantes foi aumentando ao longo do tempo.

Gráfico 113 - Representação dos valores médios da Taxa de PPD (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

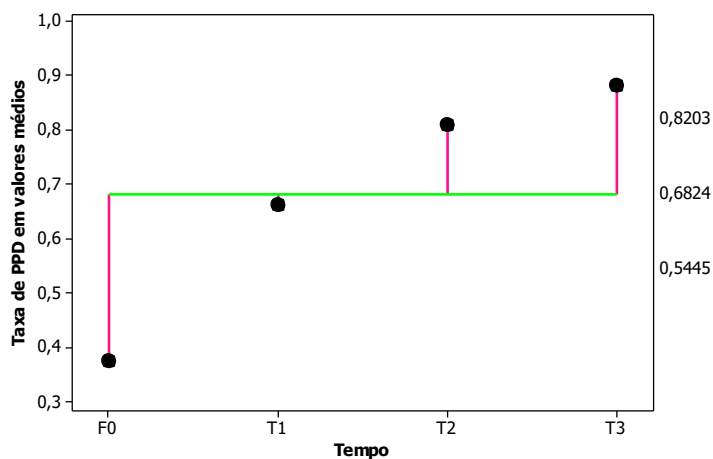


Gráfico 114 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa PPD (em segundos) ao longo do tempo

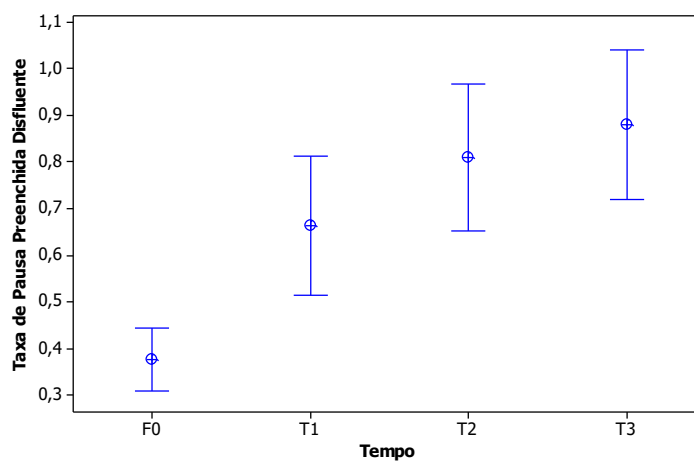
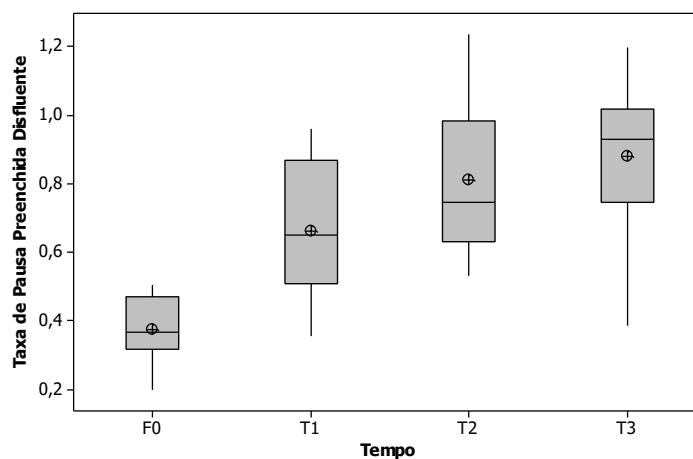
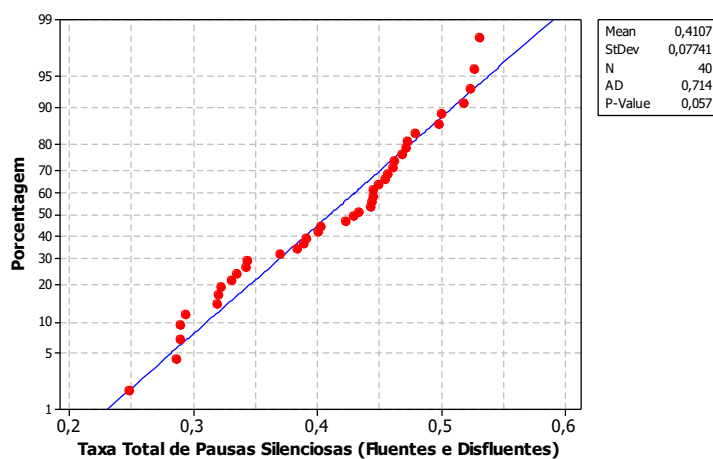


Gráfico 115 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PPD (em segundos) ao longo do tempo



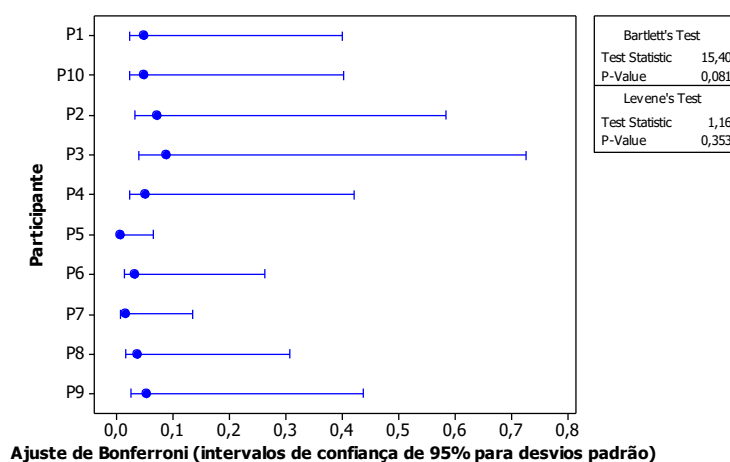
i) Taxa Total de Pausas Silenciosas (Fluentes e Disfluentes)

Gráfico 116 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Fala Espontânea



Como podemos verificar o p-valor para esta variável foi limítrofe e, do mesmo modo como ocorreu com a Taxa de PSD, tal valor não permite transformação, pois é levemente superior a 0,05. Sendo assim, considera-se a variável em análise como tendo distribuição normal.

Gráfico 117 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Fala Espontânea



Podemos verificar que a igualdade de variâncias foi atestada tanto pelo teste de Bartlett quanto pelo de Levene.

Tabela 61 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,01	0,01	0,01	0,48	0,7
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	0,22	0,22	0,01		
Total		39	0,23				

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa TPS (Fluente e Disfluente) não apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor = 0,7.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente que o valor da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) dos participantes permaneceu relativamente estável ao longo do tempo.

Gráfico 118 - Representação dos valores médios da Taxa TPS (Fluente e Disfluyente) em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

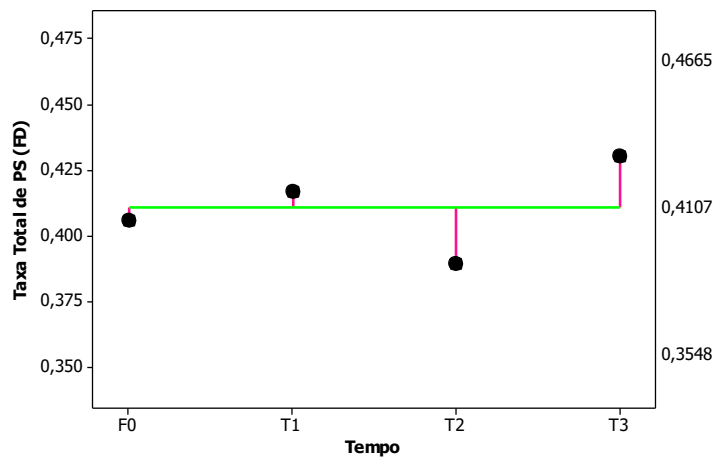


Gráfico 119 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TPS (Fluente e Disfluyente) (em segundos) ao longo do tempo

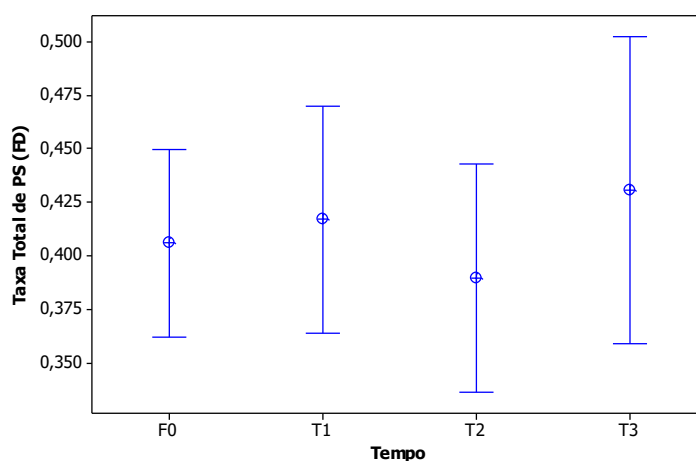
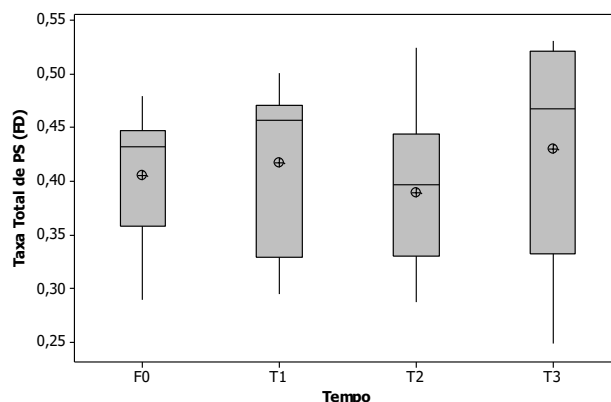


Gráfico 120 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) (em segundos) ao longo do tempo



j) Análise de Componentes Principais (PCA) – fala espontânea

Após a aplicação dos testes estatísticos de hipóteses para avaliarmos a significância de variação dos dados, decidimos rodar uma PCA para determinarmos a melhor maneira de agrupar e relatar esses dados. A Análise de Componentes Principais, ou PCA (*Principal Component Analysis*), é uma transformação ortogonal dos dados que visa condensar as informações contidas nas variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (componentes) com uma perda mínima de informação para diminuir sua complexidade, eliminar redundâncias e facilitar a visualização dos dados. (PIRES, 2016).

Antes de procedermos à análise de componentes principais propriamente dita, realizamos a padronização dos dados, que é um pré-requisito para a aplicação de PCA. A padronização foi feita subtraindo-se a média da variável e dividindo o valor resultante por seu desvio padrão, isso para cada variável separadamente.

Após a aplicação da PCA, pudemos constatar, conforme demonstrado na tabela a seguir, que a primeira componente principal é responsável por 54% da variação total dos dados. As variáveis que mais se correlacionam com a primeira componente principal (PC1) são Taxa PD (0,445), Taxa TP (0,442) e Taxa de PPD (0,425). A primeira componente principal está positivamente correlacionada com todas essas três variáveis. Portanto, podemos constatar que ao aumentarmos os valores da Taxa PD, Taxa TP e Taxa PPD teremos também um aumento no valor da primeira

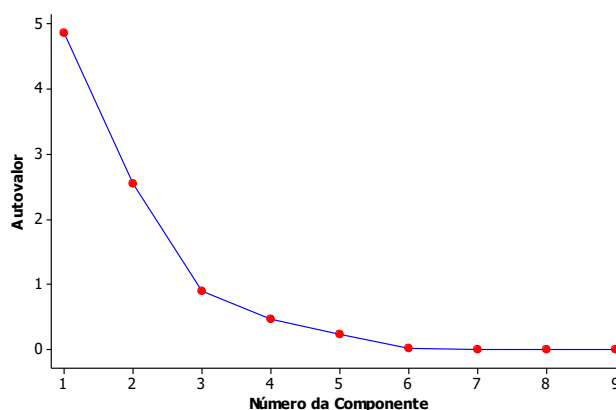
componente principal. Salientamos que as primeiras três componentes principais explicam 92% da variação nos dados.

Sendo assim, podemos também inferir que essas três primeiras componentes podem ser usadas para analisarmos os indícios de fadiga e sonolência do grupo estudado não sendo necessário, em princípio, o cálculo de todas aquelas nove variáveis.

Tabela 62 - Análise de Componentes Principais das 9 variáveis analisadas na fala espontânea

Autoanálise (Autovalores e Autovetores) da Matriz de Correlação									
Autovalor	4,86	2,54	0,88	0,47	0,23	0,01	0,00	-0,00	-0,00
Proporção	0,54	0,28	0,09	0,05	0,03	0,00	0,00	-0,00	-0,00
Acumulado	0,54	0,82	0,92	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
Variável	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Txa Eloc	-0,08	0,56	-0,31	-0,40	-0,10	-0,64	-0,00	-0,00	-0,00
Txa Art	0,21	0,49	-0,17	0,29	-0,66	0,40	0,00	0,00	0,00
DMP	-0,33	-0,32	0,26	0,38	-0,55	-0,52	-0,00	-0,00	-0,00
Txa TP	0,44	0,02	-0,02	0,30	0,15	-0,24	-0,13	-0,50	0,61
Txa PF	-0,28	0,43	0,19	0,47	0,36	-0,03	0,29	-0,37	-0,37
Txa PD	0,45	-0,10	-0,07	0,13	0,03	-0,20	0,78	0,36	-0,02
Txa PSD	0,39	-0,10	0,40	-0,42	-0,26	-0,03	0,10	-0,51	-0,40
Txa PPD	0,43	-0,09	-0,23	0,32	0,13	-0,24	-0,49	0,18	-0,55
Txa TPS (FD)	0,18	0,37	0,74	-0,00	0,09	-0,07	-0,21	0,44	0,15

Gráfico 121 - Gráfico de linha dos autovalores versus as componentes principais



Por meio desse gráfico fica fácil perceber que as últimas componentes dão contribuições irrelevantes para a variância dos dados.

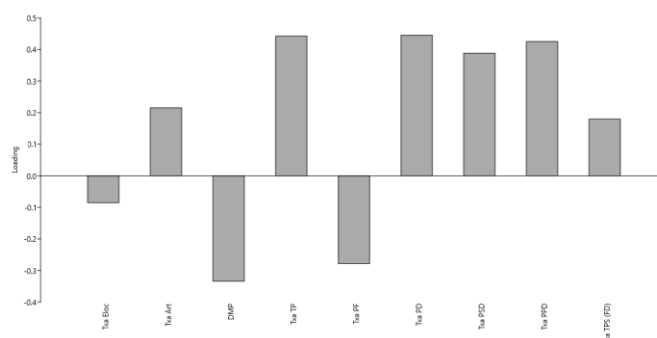
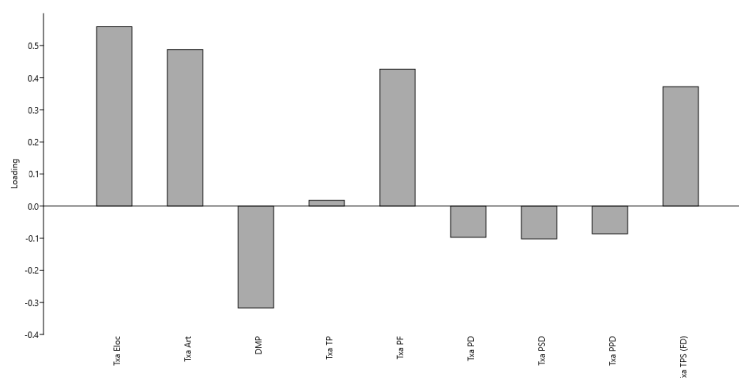
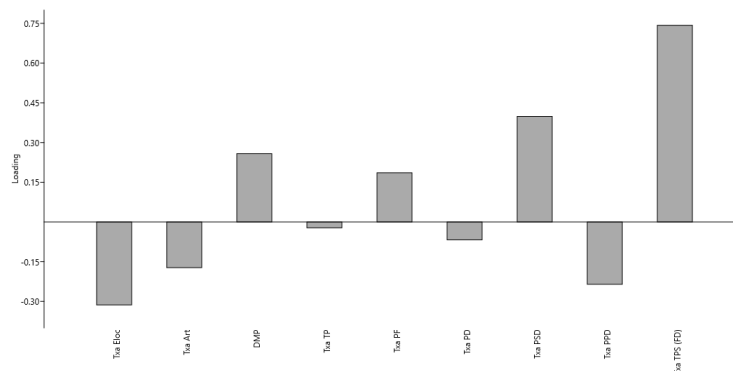
Gráfico 122 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC1**Gráfico 123** - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC2**Gráfico 124** - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC3

Gráfico 125 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda com os envoltórios convexos dos grupos de tempo

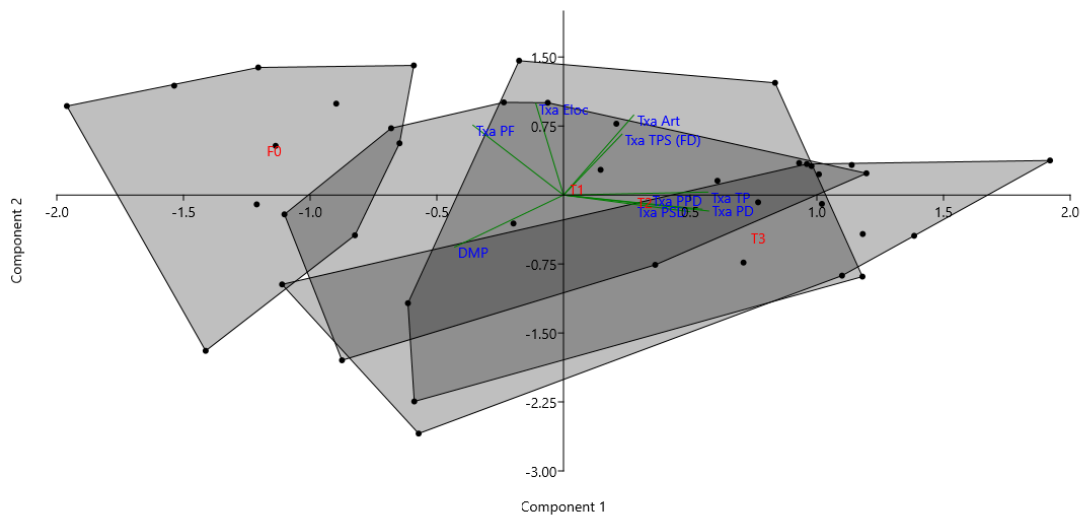
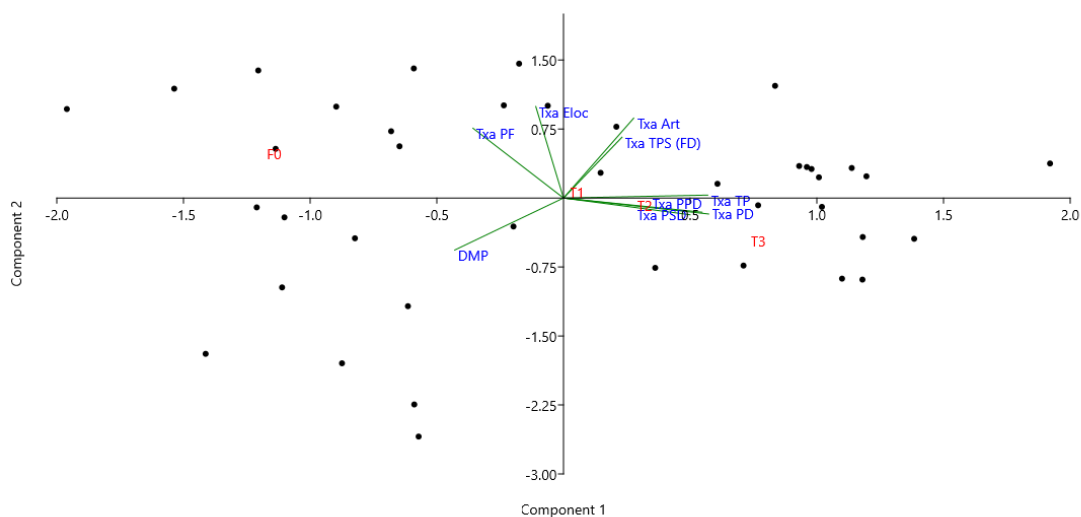


Gráfico 126 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda sem envoltórios dos grupos



k) Análise Discriminante Linear (LDA) – fala espontânea

Após aplicarmos a PCA, e considerando que tínhamos 4 grupos previamente conhecidos, com variáveis que seguiam distribuição normal, eram esféricas e que estavam já padronizadas, optamos por usar a LDA para classificarmos nosso modelo. Pretendíamos, com isso, analisar como as variáveis preditoras distinguem os grupos entre si, determinar o grau de precisão com que as observações seriam classificadas nos grupos conhecidos e, futuramente, prever o grupo de classificação de um indivíduo para o qual fizemos a extração das mesmas variáveis na fala espontânea e para o qual não tivermos informação prévia sobre sua condição, sobre a qual grupo pertenceria. Caso isso fosse possível, poderíamos usar LDA futuramente para classificar um indivíduo em estado de descanso ou de sonolência/fadiga sem termos amostras de antes e depois, ou seja, sem precisarmos comparar um suposto estado de descanso com o estado apresentado no dia de um incidente ou acidente, por exemplo.

A Análise Discriminante Linear, ou simplesmente LDA (*Linear Discriminant Analysis*), é uma técnica que se tornou muito comum para a classificação de padrões. Seu objetivo é maximizar a medida interclasses e minimizar a medida intraclasses. Uma observação é classificada em um grupo se a distância ao quadrado (também chamada de distância de Mahalanobis) da observação até o centro do grupo (média) for mínima. É assumido que matrizes de covariância são iguais para todos os grupos. Há uma parte da fórmula da distância ao quadrado exclusiva para cada grupo e é chamada de função discriminante linear para esse grupo. Para qualquer observação, o grupo com a menor distância ao quadrado possui a maior função discriminante linear e a observação é então classificada nesse grupo.

Nos dados aqui analisados, ao aplicarmos a LDA, obtivemos 3 eixos explicativos da variação dos dados. Como podemos constatar, ao analisarmos a tabela a seguir, o Eixo 1 conseguiu explicar 89,13% da variação dos dados, do modelo.

Tabela 63 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo

Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	1,89	89,1%
2	0,16	7,4%
3	0,07	3,5%

Os eixos da LDA são combinações lineares das variáveis originais, como no PCA, e os autovalores indicam a quantidade de variação explicada por esses eixos.

Como poderemos verificar, ao analisarmos a tabela a seguir que contém a Matriz de Confusão dos dados, o desempenho da LDA para a classificação dos grupos nas condições extremas, tempo F0 (folga) e tempo T3 (última coleta do dia de trabalho – 16 horas após terem acordado), foi satisfatório, respectivamente, 90% e 80% de índice de acerto. Já nos instantes intermediários, T1 e T2, o desempenho foi bem menor, respectivamente 50% e 60%, fato que é compreensível, tendo em vista que se tratam de condições intermediárias entre descanso e fadiga/sonolência.

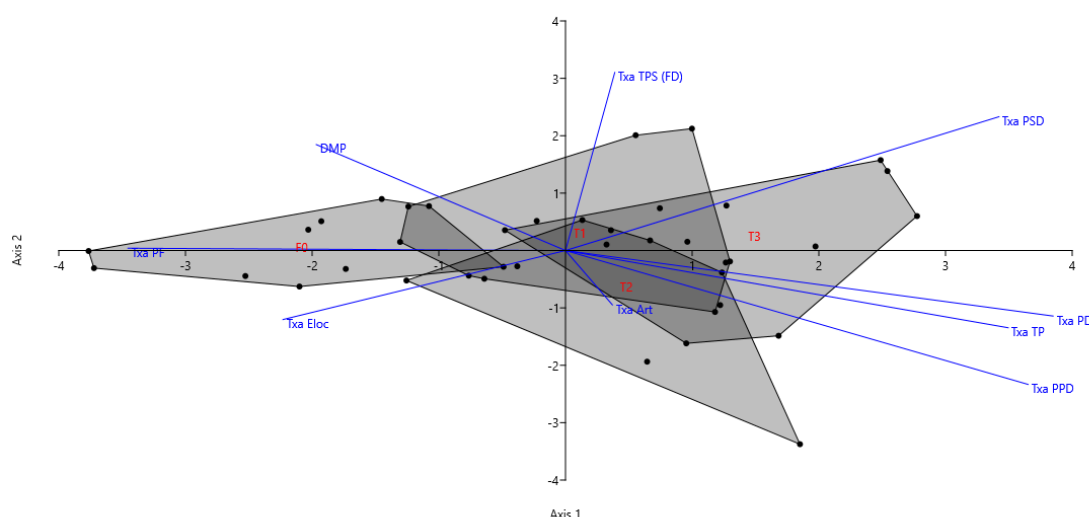
Tabela 64 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea nos 4 grupos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA (Análise Discriminante Linear)						
Grupo Alocado	Grupo Verdadeiro					Total
	F0	T1	T2	T3		
F0	9	0	1	0		10
T1	1	5	2	2		10
T2	1	1	6	2		10
T3	0	1	1	8		10
Total	11	7	10	12		40

A Matriz de Confusão é uma tabela que contém o número de pontos em cada grupo (linhas) atribuído aos diferentes grupos (colunas) pelo classificador. Idealmente, cada ponto deve ser atribuído ao seu respectivo grupo, dando uma matriz de confusão diagonal. Contagens fora da diagonal indicam o grau de falha na classificação.

Tabela 65 - Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA

Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA			
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Txa Eloc	-2,42	-2,53	0,65
Txa Art	1,18	1,76	-1,20
DMP	-1,93	-1,53	1,36
Txa TP	-0,54	-1,24	0,92
Txa PF	-0,47	-0,45	0,83
Txa PD	-0,33	-0,92	0,55
Txa PSD	0,19	0,61	-0,34
Txa PPD	-0,50	-1,41	0,83
Txa TPS (FD)	-0,30	0,26	0,55

Gráfico 127 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis

O gráfico de dispersão das amostras ao longo dos dois primeiros eixos canônicos produz separação máxima e de segunda a máxima entre todos os grupos.

Aqui podemos verificar, visualmente, como os grupos extremos (F0 e T3) são totalmente separados entre si e que os instantes intermediários (T1 e T2) se mesclam.

➤ **Teste comparativo somente com as 2 amostras extremas de tempo**

Tabela 66 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor do eixo

Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	4,32	100%

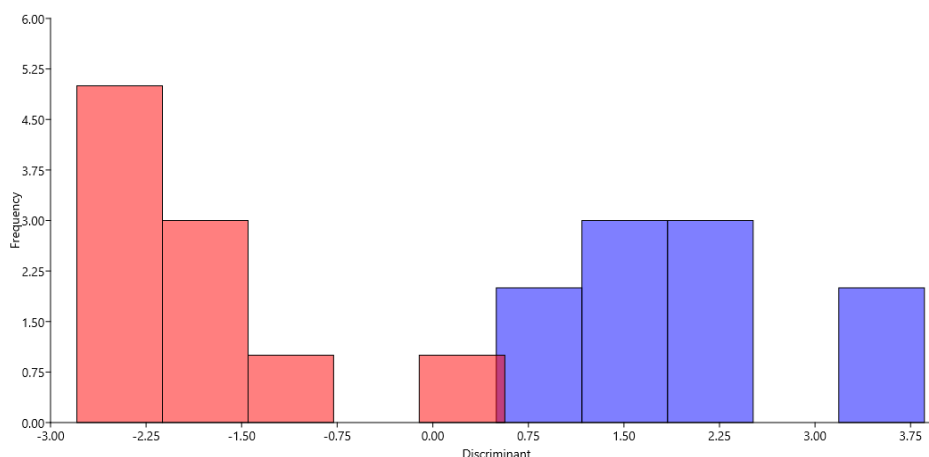
Tabela 67 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea nos 2 grupos extremos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA			
Grupo Alocado	Grupo verdadeiro		
	F0	T3	Total
F0	10	0	10
T3	0	10	10
Total	10	10	20

Tabela 68 - Carga de cada variável para o eixo único da LDA

Carga de cada variável para o eixo da LDA	
	Eixo 1
Txa Eloc	-0,32
Txa Art	1,10
DMP	-0,07
Txa TP	-0,81
Txa PF	-0,04
Txa PD	-0,70
Txa PSD	0,02
Txa PPD	-0,90
Txa TPS (FD)	-0,08

Gráfico 128 - Gráfico de barras contendo do Eixo 1 (que, nesse caso, explica 100% do modelo) contendo dois grupos de tempo, F0 e T3, das 9 variáveis



Quando apenas dois grupos são fornecidos, um histograma da LDA é plotado.

➤ **Teste comparativo somente com as amostras de tempo F0, T1 e T3**

Tabela 69 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo

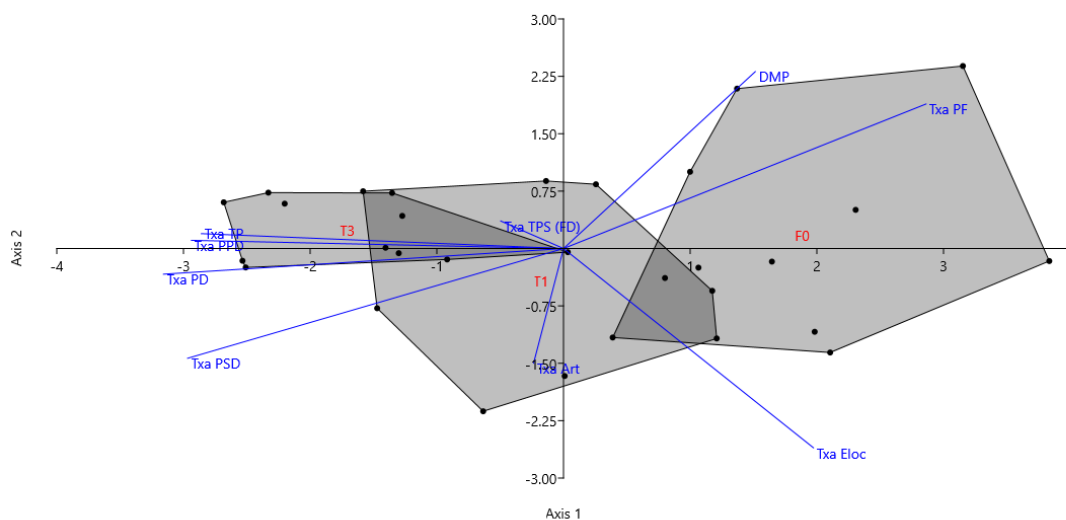
Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	2,41	96,05%
2	0,10	3,95%

Tabela 70 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea em 3 grupos de tempo, 2 externos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA (Análise Discriminante Linear)				
Grupo Alocado	Grupo Verdadeiro			
	F0	T1	T3	Total
F0	9	1	0	10
T1	1	6	3	10
T3	0	1	9	10
Total	10	8	12	30

Tabela 71 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA

Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA		
	Eixo 1	Eixo 2
Txa Eloc	1,77	1,69
Txa Art	-0,40	-2,04
DMP	1,47	1,80
Txa TP	0,14	1,36
Txa PF	0,24	0,96
Txa PD	0,05	0,89
Txa PSD	-0,03	-0,53
Txa PPD	0,08	1,34
Txa TPS (FD)	0,24	0,43

Gráfico 129 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis

➤ **Teste comparativo somente com as amostras de tempo F0, T2 e T3**

Tabela 72 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo

Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	2,71	93,7%
2	0,18	6,3%

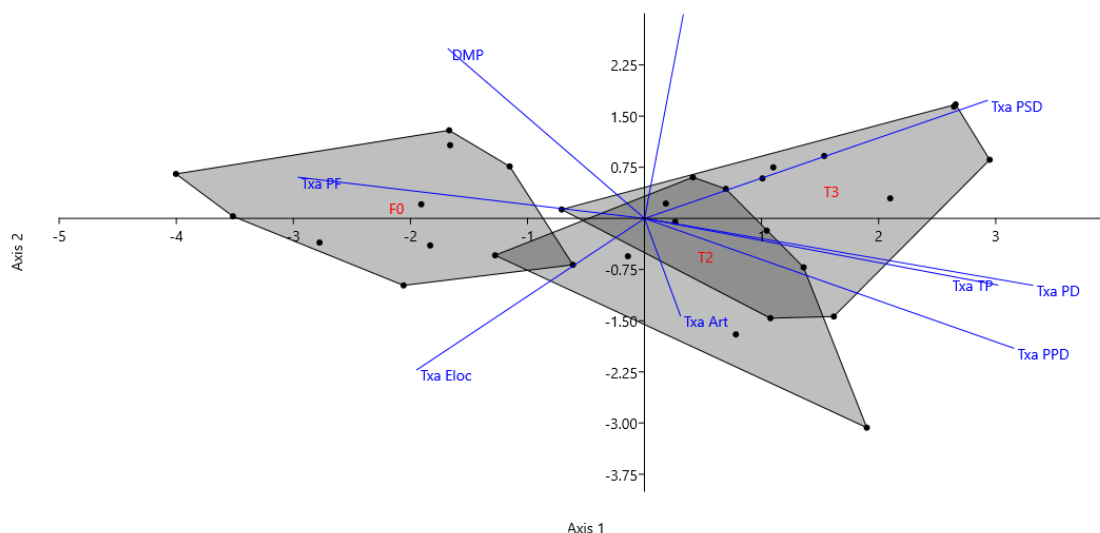
Tabela 73 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea em 3 grupos de tempo, 2 externos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA (Análise Discriminante Linear)				
Grupo Alocado	Grupo Verdadeiro			
	F0	T2	T3	Total
F0	9	1	0	10
T2	1	7	2	10
T3	0	2	8	10
Total	10	10	10	30

Tabela 74 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA

Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA		
	Eixo 1	Eixo 2
Txa Eloc	-1,75	-1,94
Txa Art	0,90	1,30
DMP	-1,32	-0,73
Txa TP	-0,33	-0,83
Txa PF	-0,55	-0,24
Txa PD	-0,13	-0,64
Txa PSD	0,34	0,54
Txa PPD	-0,30	-1,02
Txa TPS (FD)	-0,20	0,42

Gráfico 130 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis



4.5.3 - Resultados para a fala dirigida (leitura)

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a análise da fala dirigida (leitura). Semelhantemente à análise da fala espontânea, para cada uma das 4 amostras colhidas dos 10 participantes, fizemos a extração de nove variáveis. Para maiores informações sobre cada variável, favor consultar o detalhamento fornecido no capítulo 3. São elas:

- a) Taxa de Elocução
- b) Taxa de Articulação
- c) Duração Média das Pausas
- d) Taxa Total de Pausas
- e) Taxa de Pausa Fluente
- f) Taxa de Pausa Disfluente
- g) Taxa de Pausa Silenciosa Disfluente
- h) Taxa de Pausa Preenchida
- i) Taxa Total de Pausas Silenciosas (Fluentes e Disfluentes)

Dessas nove variáveis extraídas, cinco apresentaram variação estatisticamente significativa para pior ao longo do tempo, como será demonstrado por meio dos gráficos e tabelas a seguir.

Como podemos observar, a detecção dos sinais de fadiga e sonolência é melhor para a fala espontânea. A fala dirigida, leitura, por direcionar o falante e ainda por contribuir para o efeito da memorização dificulta um pouco mais, embora não impeça, a detecção dos sinais de fadiga e sonolência. O efeito da memorização se torna bem evidente na segunda coleta do dia de trabalho (melhora no desempenho em relação à primeira coleta do dia). Apesar disso, verificamos que este fator não foi preponderante perante à situação de maior sonolência e fadiga, pois no instante T3 (16 horas após terem acordado) houve grande queda no desempenho dos participantes. Enfim, a avaliação com fala dirigida se mostra válida, mas as medições extraídas das emissões espontâneas demonstraram-se mais robustas para a detecção da fadiga e da sonolência. Isso pôde ser verificado, inclusive pela PCA e LDA, tendo em vista que estas técnicas de classificação de padrões tiveram resultados de desempenho melhor para a fala espontânea do que para a leitura.

Voltando às análises de fala e linguagem extraídas na leitura, encontramos variação estatisticamente significativa na: a) Taxa de Elocução (p -valor = 0,02), d) Taxa Total de Pausas (p -valor = 0,04), f) Taxa de Pausas Disfluentes (p -valor < 0,001), g) Taxa de Pausas Silenciosas Disfluentes (p -valor = 0,001), h) Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes (p -valor = 0,002).

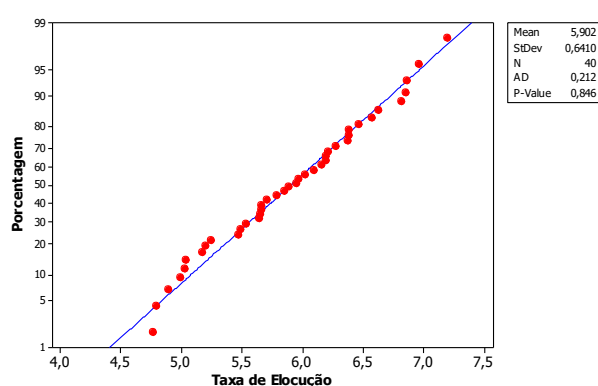
Como discutido no subitem relativo à fala espontânea, a piora dos valores das taxas supracitadas revela aumento da instabilidade na fala à medida que o participante vai se sentindo sonolento e fatigado, fatos que sugerem impacto no controle neuromotor e, conseqüentemente, na organização temporal do discurso dos participantes, nos atos comunicativos em nível prosódico, paralinguístico e não-linguístico, no controle ao nível segmental da fala, na competência comunicativa da linguagem (atenção e concentração) e na linguagem automática (memória).

Para evitarmos repetições desnecessárias, pedimos ao leitor que consulte a discussão dos resultados para a fala espontânea para maior entendimento dos achados desse subitem.

a) Variável Taxa de Elocução

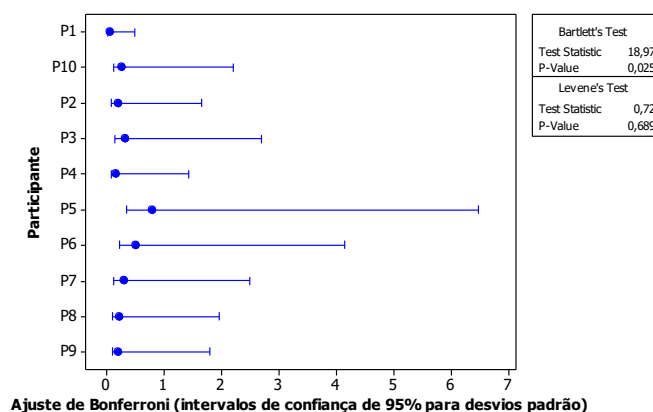
Para a variável Taxa de Elocução na Leitura, verificou-se que as amostras dos participantes seguiam distribuição normal, conforme demonstrado no gráfico do teste de a seguir.

Gráfico 131 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Elocução da Leitura



Como podemos constatar, ao conferir o resultado, não é possível rejeitar a hipótese nula de normalidade das amostras tendo em vista que o p-valor = 0,846.

Gráfico 132 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Leitura



Para esta variável, como podemos verificar no gráfico anterior, a condição de esfericidade foi atendida no teste de Levene, pois o p-valor foi de 0,69, mas não no teste de Bartlett, p-valor = 0,025.

Quando a condição de esfericidade é quebrada no teste de Bartlett, não se recomenda a aplicação de teste paramétrico pareado, pois há uma maior possibilidade de erro, ou seja, do teste não encontrar variação estatisticamente significativa quando há variação. No entanto, seguindo o mesmo raciocínio do caso semelhante na fala espontânea, optamos por rodar os 2 testes, mesmo sabendo que o de Friedman seria o adequado, para compararmos se realmente ocorreria diferença no resultado.

Sendo assim, realizou-se o teste estatístico para medidas paramétricas e esféricas, o GLM pareado, e outro para medidas não-paramétricas, Friedman. Isso com o objetivo de se verificar se, nesse caso limítrofe, o resultado para a significância estatística seria distinto.

Conforme podemos observar, por meio das tabelas a seguir, o teste de Friedman apresentou resultado estatisticamente significativo para a mudança da variável em análise ao longo do tempo, pois o p-valor foi de 0,029.

Já no teste GLM pareado, não houve variação estatisticamente significativa, pois o p-valor foi de 0,31.

Tabela 75 - Friedman para testar a significância da variação da Taxa de Elocução ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Mediana	Soma das Classificações	S	P
Tempo	F0		6,10	32,0	9,00	0,02
	T1	3	5,87	23,0		
	T2		6,06	29,0		
	T3		5,63	16,0		
Mediana Global			5,91			

DF: grau de liberdade; S: estatística S (teste S); P: nível de significância.

Teste de Friedman (para amostras pareadas e repetidas no tempo que não atendem ao critério de igualdade de variâncias). Optamos por usar Friedman porque não conseguimos uma transformação adequada dos dados para atender ao critério de esfericidade (usamos box-cox e a padronização de subtrair a média e dividir pelo desvio padrão, mas não funcionaram adequadamente) e a maior parte das taxas de

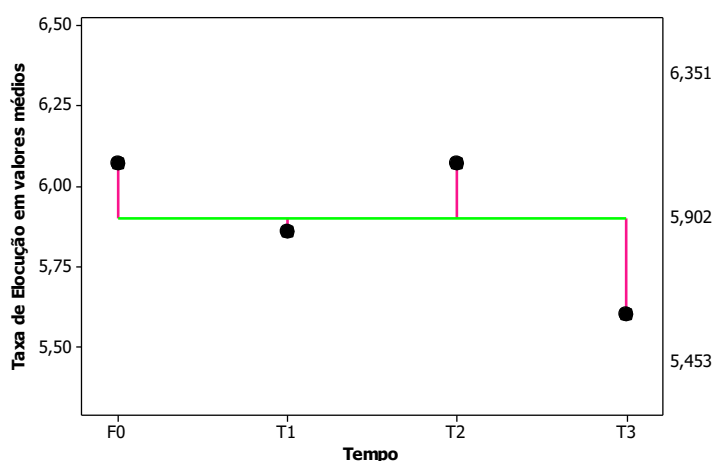
pausas apresentavam variação estatística significativa, mas, no entanto, a taxa de elocução, que inclui as pausas em seu cálculo, não apresentava variação significativa na GLM, o que nos fez suspeitar de erro no cálculo acarretado pela não-esfericidade das amostras da variável em análise. Ao rodar o teste não-paramétrico (que não exige esfericidade das amostras) pudemos observar variação estatisticamente significativa.

Tabela 76 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Elocução

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	1,49	1,49	0,50	1,23	0,3
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	14,54	14,54	0,40		
Total		39	16,03				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Gráfico 133 - Representação dos valores médios da Taxa de Elocução (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo



Valores para a taxa de elocução quando os participantes estavam no momento F0 (folga e em condição descansada) e no momento T (trabalho, de preferência em dias em que estivessem se sentindo cansados/sonolentos). T1 = 1 hora após terem acordado; T2 = 8 horas após terem acordado e T3 = 16 horas após terem acordado.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Elocução apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral para o teste de Friedman, p -valor = 0,029.

Por meio desse gráfico anterior, podemos verificar visualmente como o valor da taxa de elocução dos participantes diminuiu do instante F0 para o instante T3. É interessante notar que, diferentemente da fala espontânea, que apresentou queda progressiva no desempenho ao longo do tempo, na leitura houve recuperação no instante T2 em relação ao instante T1 e só então no instante T3 houve nova queda, inclusive, numericamente, uma queda maior que no instante T1. Isso nos leva a suspeitar da possibilidade de influência da memorização do texto, do treinamento sendo preponderante no instante T2. Isso tendo em vista que os participantes já tinham lido o mesmo texto no instante T1. Apesar disso, no instante T3, o treinamento, ou seja, a possível memorização do texto não preponderou sobre o estado de sonolência ou fadiga. Inferimos que esses fatores, quando intensos, são mais robustos para influenciarem o desempenho na fala do que o fator treinamento/memorização. É importante ressaltar também que mesmo para expressões de linguagem automática como saudações (ou similares) ocorrem erros na produção da fala quando há elevada queixa de fadiga/sonolência. Encontramos esse mesmo comportamento de erro da linguagem automática, que é o que temos de mais profundamente memorizado, também no Primeiro Estudo de Caso (caso de acidente aeronáutico), que será apresentado a seguir.

Gráfico 134 - Representação da mediana, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais

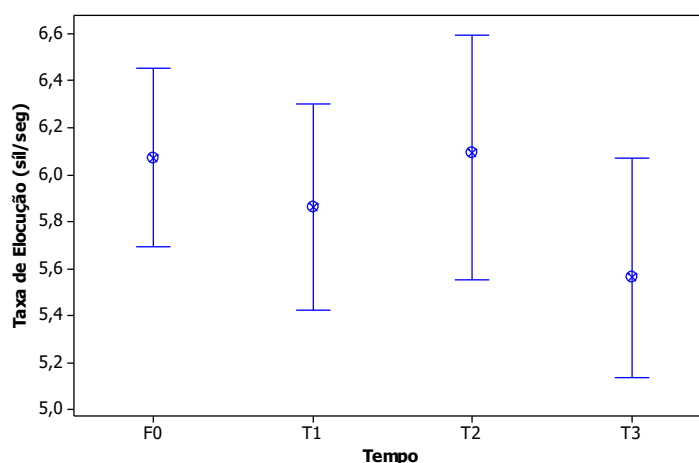
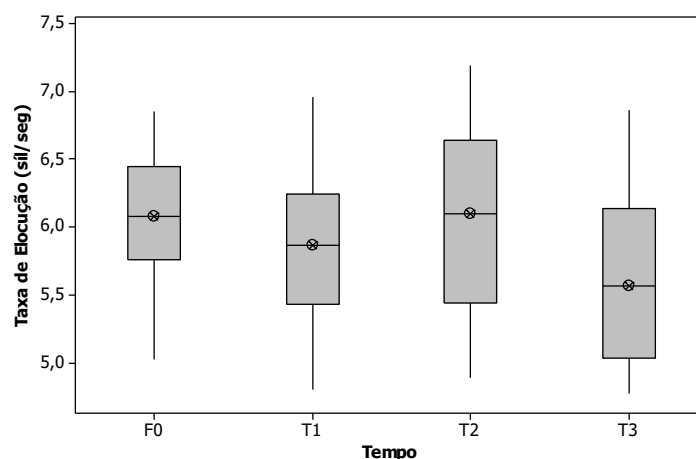
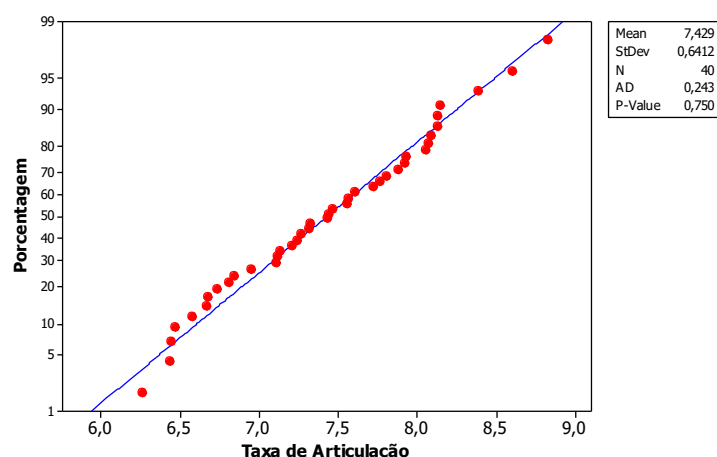


Gráfico 135 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Taxa de Elocução (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais



b) Variável Taxa de Articulação

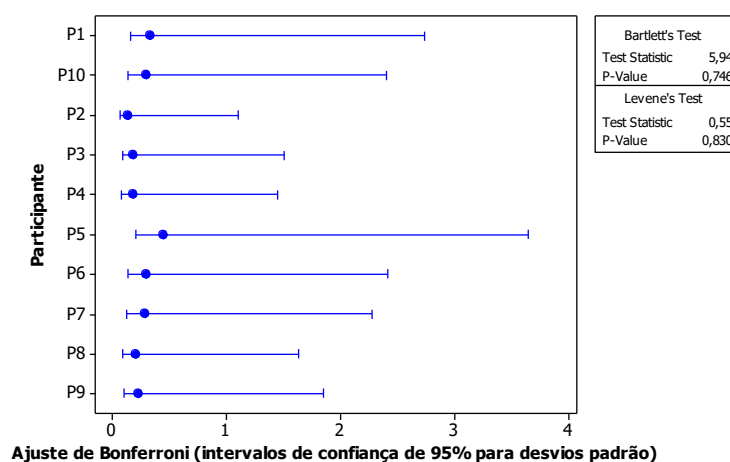
Gráfico 136 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Articulação da Leitura



A variável Taxa de Articulação também seguia a normalidade distributiva. Não é possível rejeitar a hipótese nula de normalidade das amostras tendo em vista que o p-valor = 0,75.

As amostras para a variável Taxa de Articulação eram também esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Gráfico 137 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Elocução da Fala Espontânea



Para a variável Taxa de Articulação não houve variação estatística nas medidas repetidas no tempo de acordo com o teste GLM pareado, p-valor = 0,91.

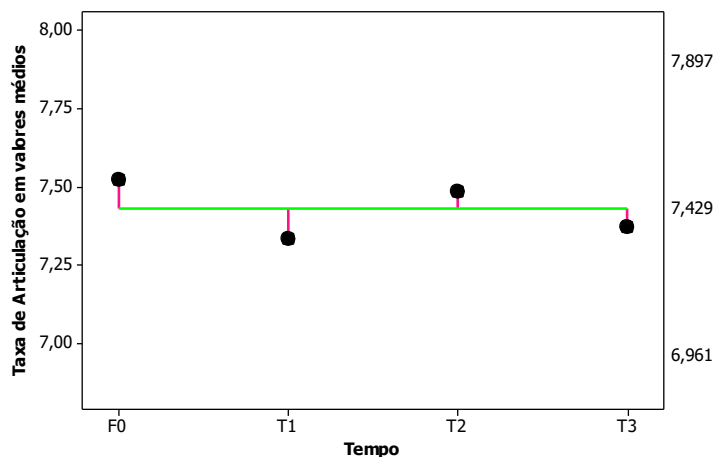
Tabela 77 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Articulação ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,23	0,23	0,08	0,18	0,9
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	15,80	15,80	0,44		
Total		39	16,03				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Relembramos que a Taxa de Articulação da leitura, assim como na Taxa de Articulação da fala espontânea, só engloba sílabas fluentes produzidas. Portanto, descontam-se todas as pausas silenciosas e preenchidas. Quando a articulação, a parte motora da fala do indivíduo se torna lentificada a ponto de afetar a qualidade da produção sonora do fonema, causando uma distorção na sílaba, essa é contada como disfluência e, sendo assim, descontada da Taxa de Articulação.

Gráfico 138 - Representação dos valores médios da Taxa de Articulação (em sílabas por segundo) dos pilotos ao longo do tempo



Podemos verificar a constância do valor médio da taxa de articulação dos participantes ao longo do tempo por meio do gráfico anterior.

Gráfico 139 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais

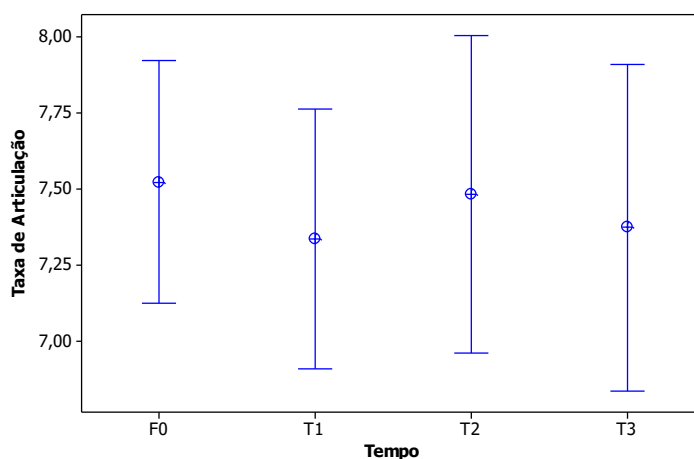
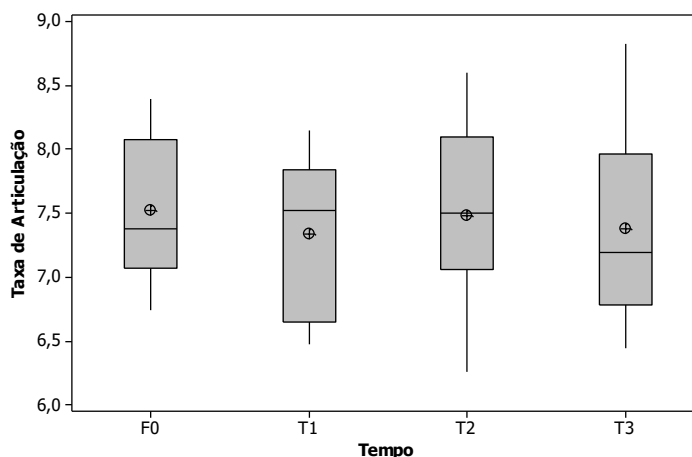


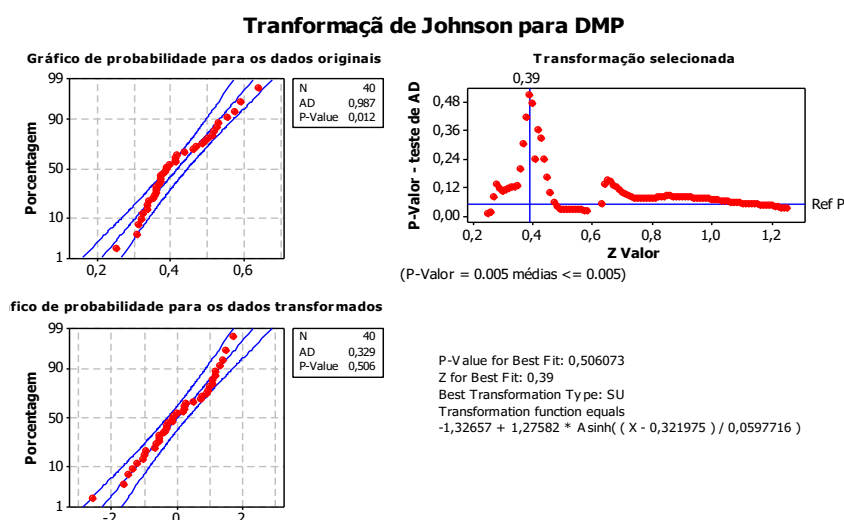
Gráfico 140 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de Articulação (em sílabas/segundos) ao longo do tempo em valores reais



c) Variável DMP (Duração Média das Pausas)

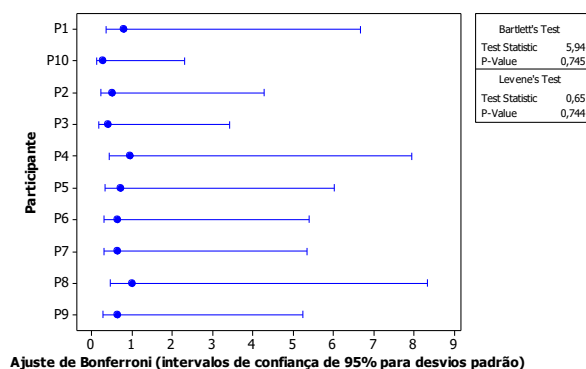
Para a variável DMP (Duração Média das Pausas), verificou-se que essa não seguia distribuição normal. Portanto, decidiu-se transformar os dados usando a transformada de Johnson ao invés de se aplicar um teste não-paramétrico para medidas repetidas como, por exemplo, o teste de Friedman para, sempre que possível, utilizarmos o mesmo teste estatístico e as mesmas análises gráficas para todas as variáveis.

Gráfico 141 - Transformação de Johnson para a Duração Média das Pausas da Leitura



Após a transformação, o p-valor para o teste de Anderson-Darling foi de 0,51. Portanto, não se podia rejeitar a hipótese nula de normalidade dos dados transformados.

Gráfico 142 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Duração Média das Pausas transformada da Leitura



As amostras para a variável DMP transformadas também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 78 - GLM pareado para testar a significância da variação da DMP transformada ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	2,01	2,01	0,67	0,66	0,5
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	36,57	36,57	1,02		
Total		39	38,58				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Após aplicarmos o GLM, pudemos verificar que a variável DMP não apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo. O p-valor foi de 0,58.

Gráfico 143 - Representação dos valores médios da DMP em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

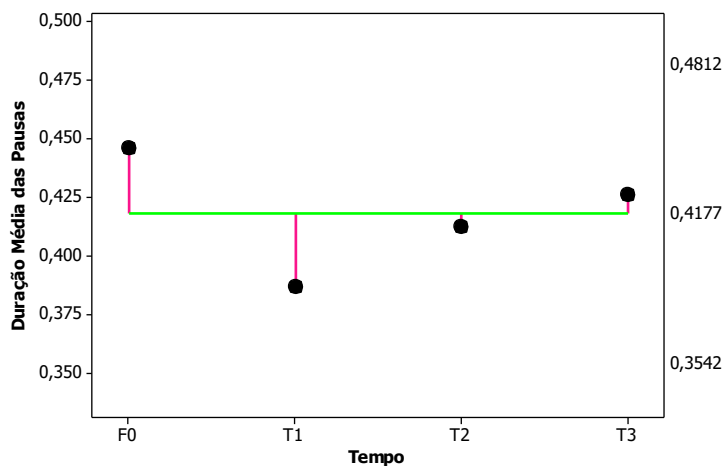


Gráfico 144 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

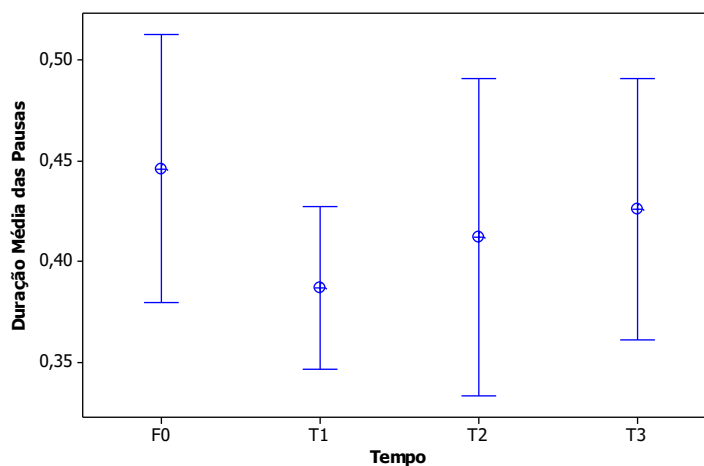
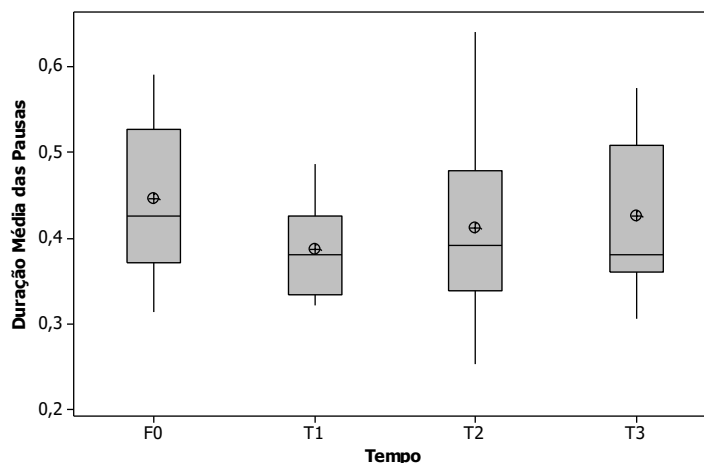


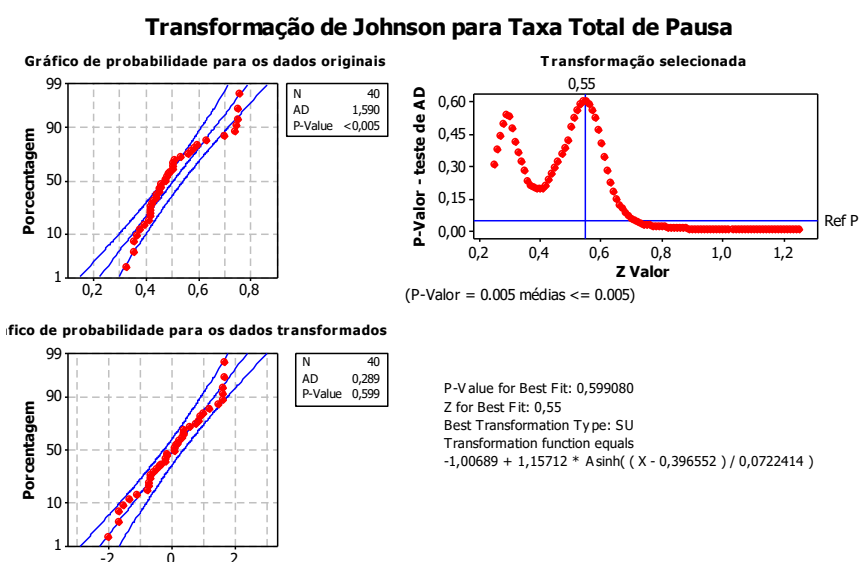
Gráfico 145 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da DMP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



d) Variável Taxa Total de Pausa

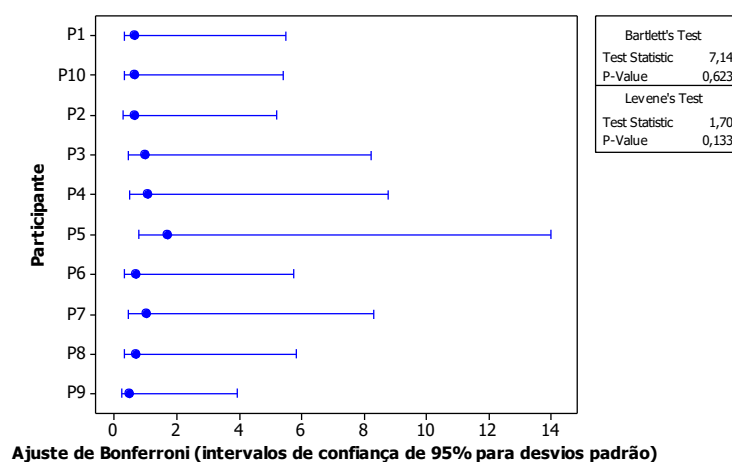
Teste de normalidade para taxa total de pausa. Como a medida não seguia distribuição normal, p-valor < 0,005, optou-se pela transformação dos dados, seguindo a mesma linha da DMP.

Gráfico 146 - Transformação de Johnson para a Taxa Total de Pausa da Leitura



Após a Transformação, podemos observar que, no teste de Anderson-Darling, a variável Taxa TP seguia distribuição normal, pois o p-valor = 0,6.

Gráfico 147 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa Total de Pausas transformada da Leitura



As amostras para a variável Taxa Total de Pausa transformada também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 79 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa Total de Pausa ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	7,74	7,74	2,58	2,94	0,04
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	31,62	31,62	0,88		
Total		39	39,36				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa Total de Pausas apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral. P-valor = 0,046.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor da Taxa Total de Pausas dos participantes aumentou do instante F0 para o instante T3.

Gráfico 148 - Representação dos valores médios da Taxa Total de Pausas em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

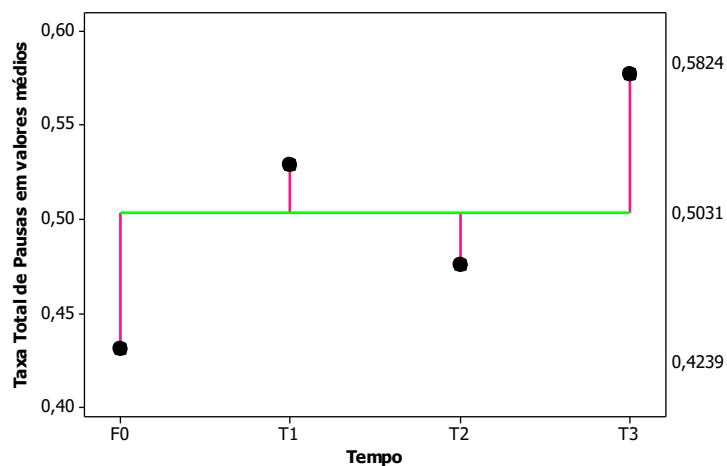


Gráfico 149 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TP em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

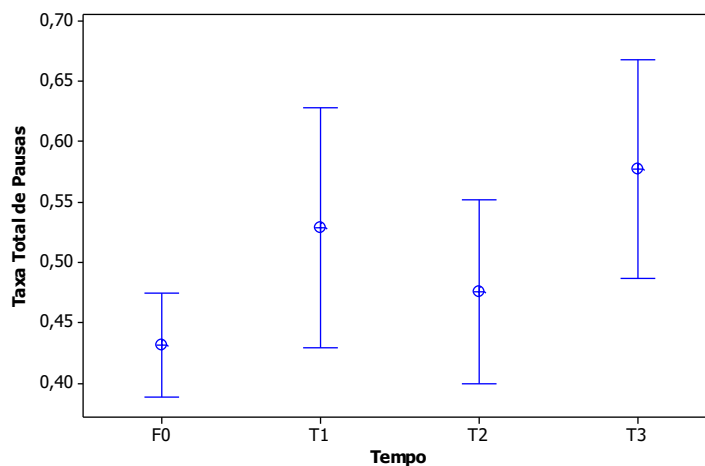
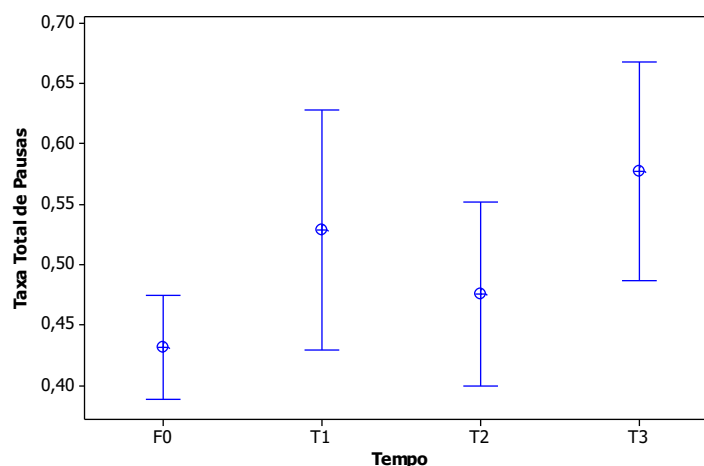
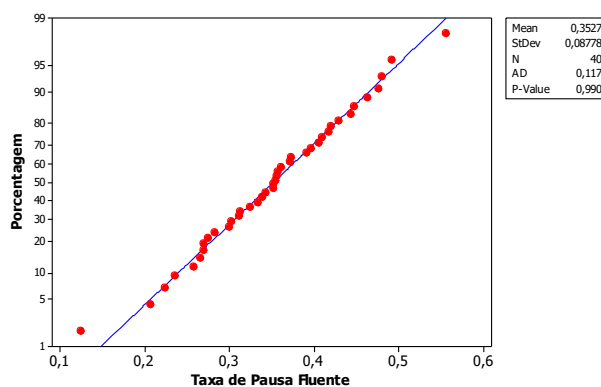


Gráfico 150 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TP transformada (em segundos) ao longo do tempo



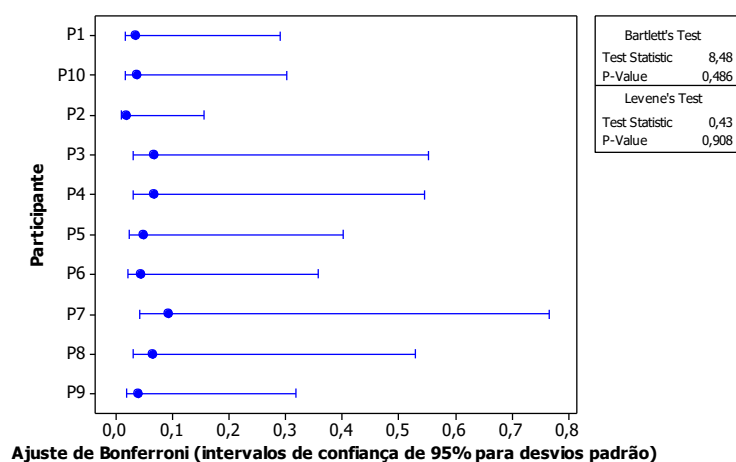
e) Taxa de Pausas Fluentes

Gráfico 151 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Fluentes da Leitura



A variável Taxa de Pausas Fluentes seguia a normalidade distributiva. Não é possível rejeitar a hipótese nula de normalidade das amostras tendo em vista que o p-valor = 0,99.

Também as amostras para a variável Taxa de Pausas Fluentes eram esféricas (p-valor no teste de Bartlett = 0,49 e no teste de Levene p-valor = 0,91) e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Gráfico 152 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Fluentes**Tabela 80** - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Fluentes ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,02	0,02	0,01	0,81	0,5
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	0,28	0,28	0,01		
Total		39	0,30				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Pausas Fluentes apresentou não variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor = 0,5.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor da Taxa de Pausas Fluentes dos participantes ao longo do tempo.

Gráfico 153 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Fluentes (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

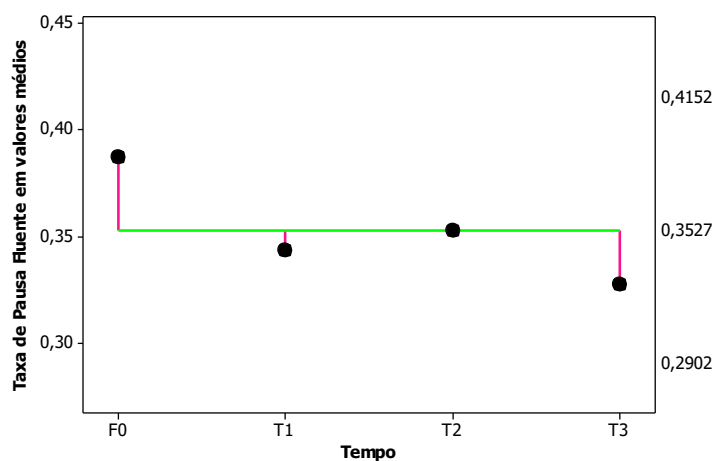


Gráfico 154 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Fluentes em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

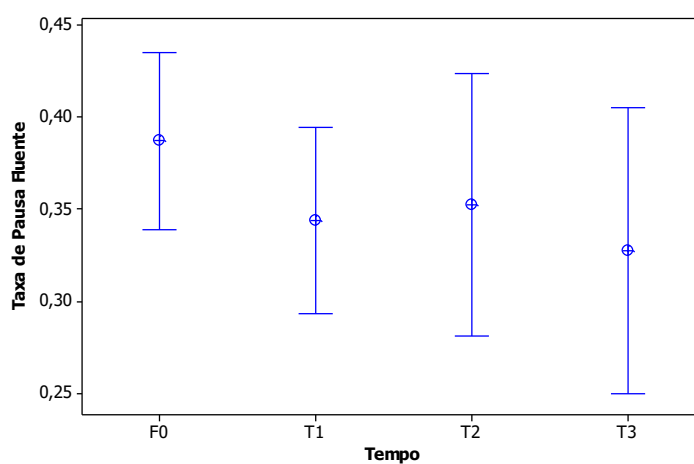
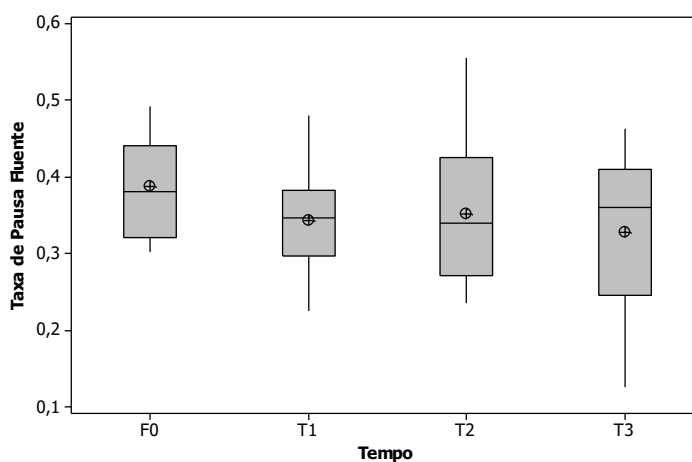
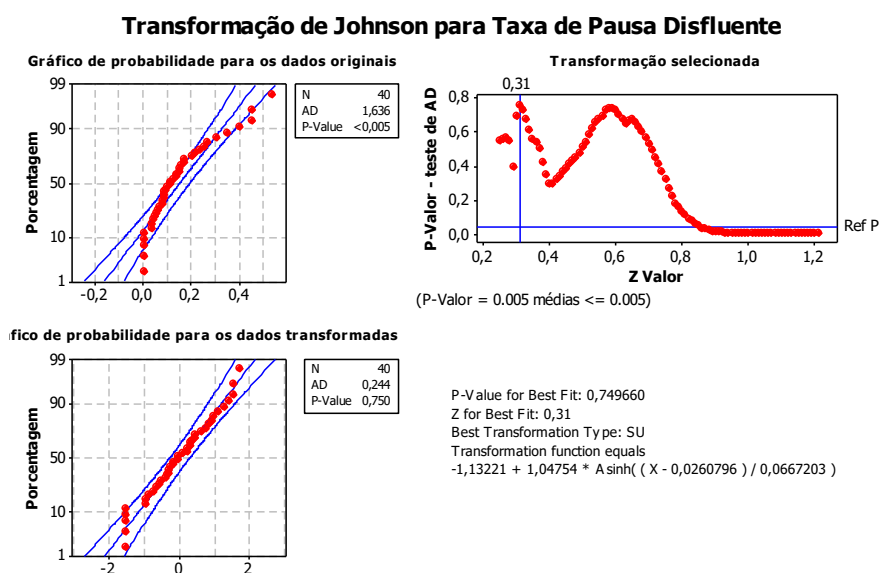


Gráfico 155 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PF (em segundos) ao longo do tempo



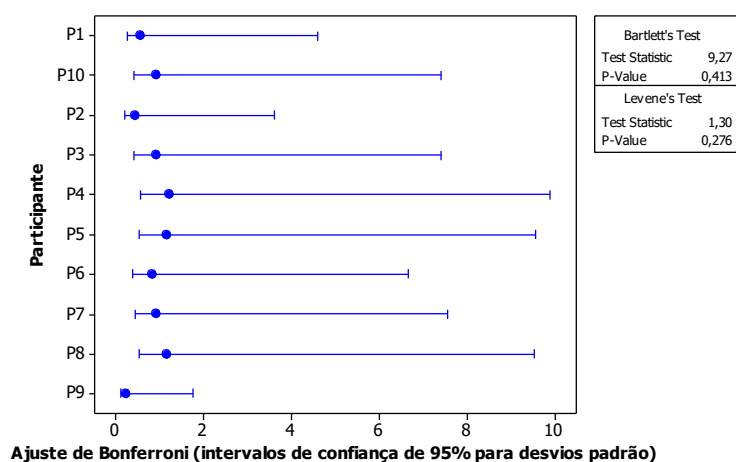
f) Taxa de Pausas Disfluentes

Gráfico 156 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de Pausas Disfluentes da Leitura



Teste de normalidade para Taxa de Pausas Disfluentes. Como a medida não seguia distribuição normal, p-valor < 0,005, optou-se pela transformação dos dados.

Gráfico 157 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Disfluentes da Leitura



As amostras para a variável Taxa de Pausas Disfluentes transformada eram esféricas e, portanto, dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 81 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Disfluentes ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	13,37	13,37	4,46	8,05	< 0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	19,93	19,93	0,55		
Total		39	33,30				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa de Pausas Disfluentes apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor < 0,001.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como Disfluência dos participantes foi aumentando ao longo do tempo.

Gráfico 158 - Representação dos valores médios da Taxa de Pausas Disfluente em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

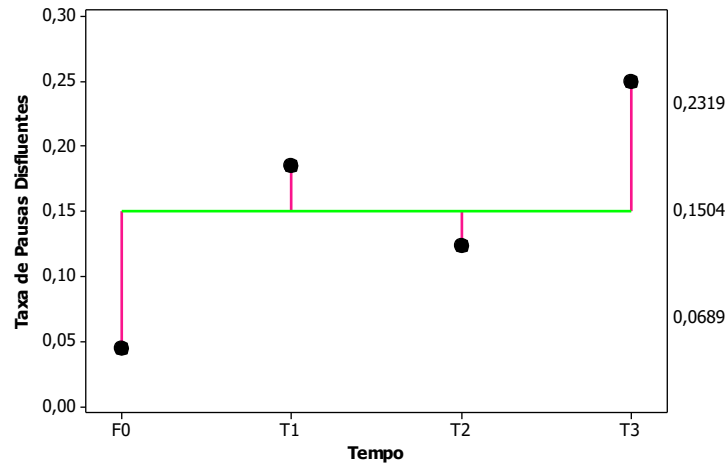


Gráfico 159 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa PD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

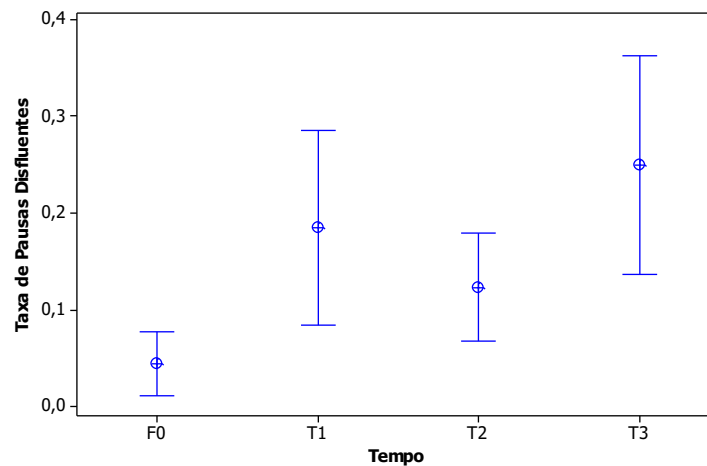
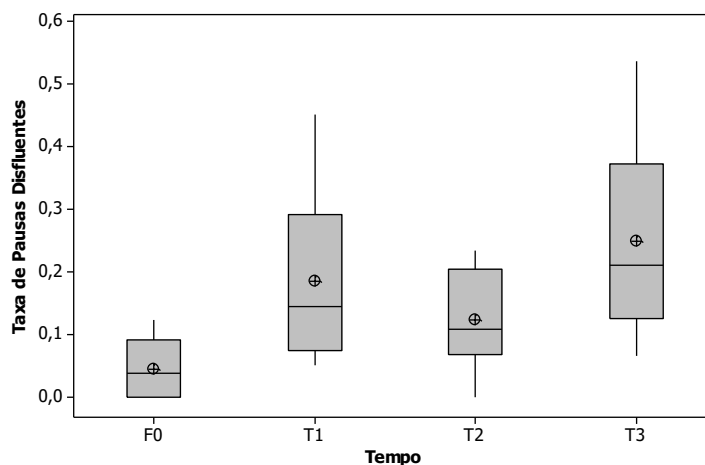
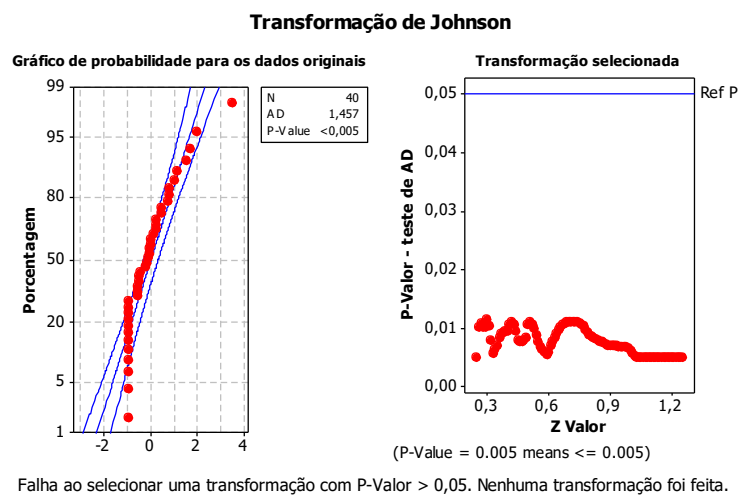


Gráfico 160 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa PD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

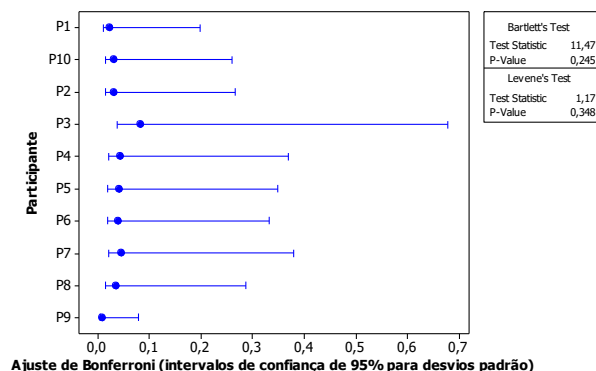


g) Taxa de Pausas Silenciosas Disfluente

Gráfico 161 - Tentativa de Transformação dos dados da Taxa de PSD



Para esta variável não foi possível obter a transformação dos dados com um p-valor acima de 0,05.

Gráfico 162 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de PSD da Leitura

Para esta variável, como podemos verificar, a condição de esfericidade foi atendida tanto no teste de Levene quanto no teste de Bartlett, pois os p-valores foram, respectivamente, 0,35 e 0,25.

No entanto, diante do fato da medida não seguir distribuição normal, optou-se por realizar o teste estatístico para medidas não-paramétricas e esféricas, ou seja, o teste de Friedman. Mas, como feito em casos anteriores, realizamos também o teste para medidas normalmente distribuídas e esféricas, o GLM pareado. Como já dito e demonstrado anteriormente, a quebra da condição de normalidade nem sempre é impeditiva, ou gera erro, no teste para variável paramétrica normal. Queríamos verificar se haveria diferença nos resultados estatísticos.

E conforme podemos observar por meio das tabelas a seguir, ambos os testes apresentaram resultados estatisticamente significativos para a mudança variável em análise ao longo do tempo, pois o p-valor tanto no GLM quanto no Friedman foi de 0,001.

Tabela 82 - Friedman para testar a significância da variação da Taxa PSD ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Mediana	Soma das Classificações	S	P
Tempo	F0	3	0,00	14,0	16,66	= 0,001
	T1		0,04	28,0		
	T2		0,02	21,5		
	T3		0,07	36,0		
Mediana Global		0,03				

DF: grau de liberdade; S: estatística S (teste S); P: nível de significância.

Tabela 83 - LM pareado para testar a significância da variação da Taxa PSD

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,03	0,03	0,01	7,13	= 0,001
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	0,04	0,04	0,00		
Total		39	0,07				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Deixamos o resultado como exemplo de que o teste GLM não é tão sensível, na verdade, ao não atendimento da condição de normalidade. O teste é mais afetado, mais sensível quando se quebra a condição de esfericidade. Aqui, tanto Friedman quanto GLM deram o mesmo p-valor.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente como o valor médio da Taxa de PSD dos participantes variou ao longo do tempo.

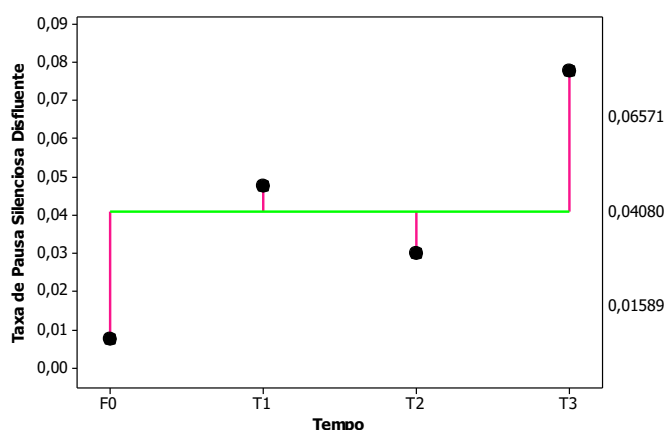
Gráfico 163 - Representação dos valores médios da Taxa PSD em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

Gráfico 164 - Representação da mediana, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PSD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

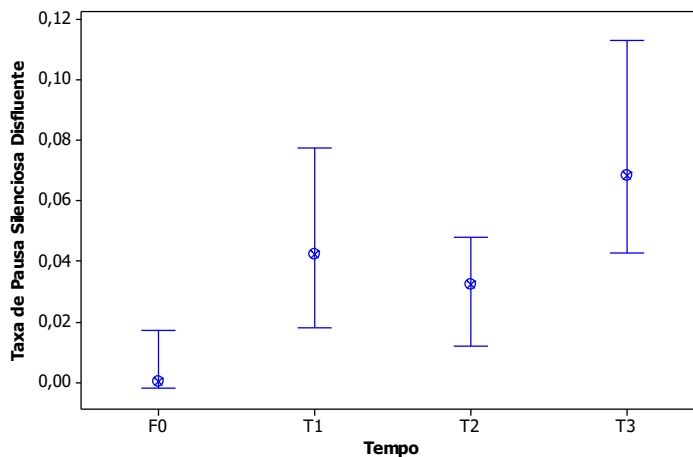
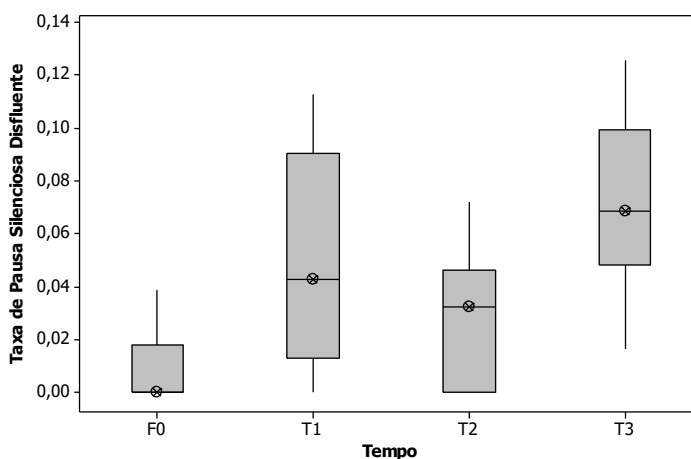


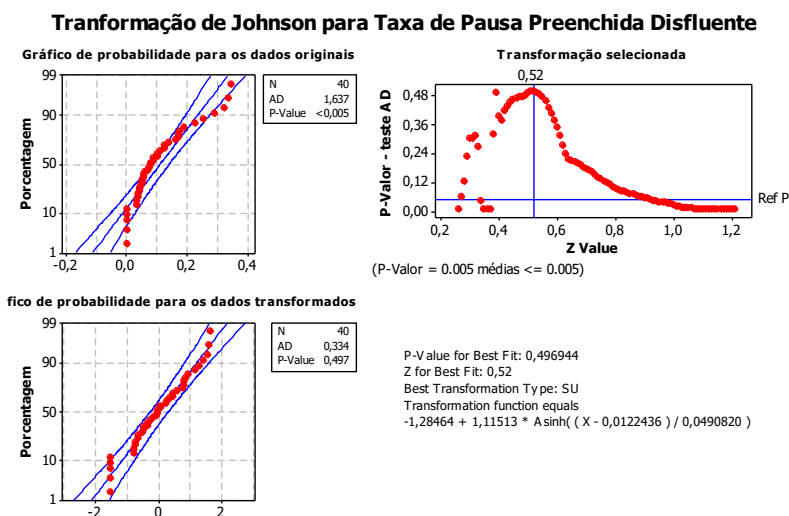
Gráfico 165 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil e mediana da Taxa de PSD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



h) Taxa de Pausa Preenchida Disfluente

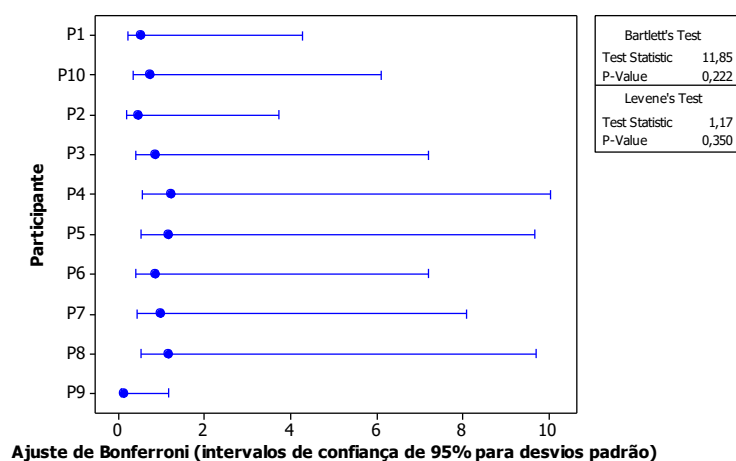
Teste de normalidade para Taxa de Pausa Preenchida Disfluente. Como a medida não seguia distribuição normal, p -valor $< 0,005$, optou-se pela transformação dos dados.

Gráfico 166 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa de PPD da Leitura



Após a Transformação, podemos observar que, no teste de Anderson-Darling, a variável Txa PPD seguia distribuição normal, pois o p-valor = 0,5.

Gráfico 167 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes transformada da Leitura



As amostras para a variável Taxa de PPD transformada também eram esféricas e, portanto, de fato, eram dependentes possibilitando, assim, a aplicação do GLM pareado.

Tabela 84 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa de Pausas Preenchidas Disfluentes transformada ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	11,51	11,51	3,84	6,20	0.002
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	22,29	22,29	0,62		
Total		39	33,80				

DF: grau de liberdade; Seq SS: soma dos quadrados sequenciais; Adj SS: soma dos quadrados ajustados; Adj MS: quadrados médios ajustados; F: estatística F (teste F); P: nível de significância.

Gráfico 168 - Representação dos valores médios da Taxa de PPD em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

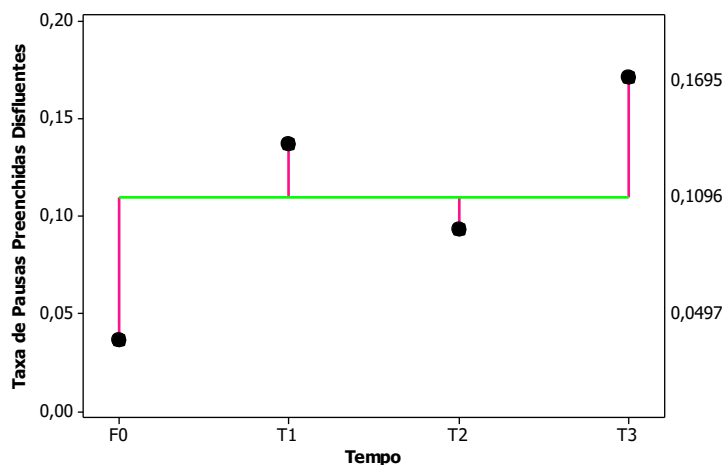


Gráfico 169 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa de PPD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

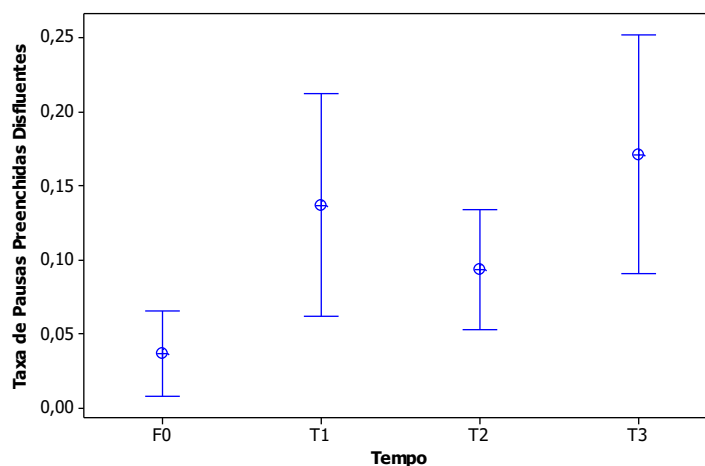
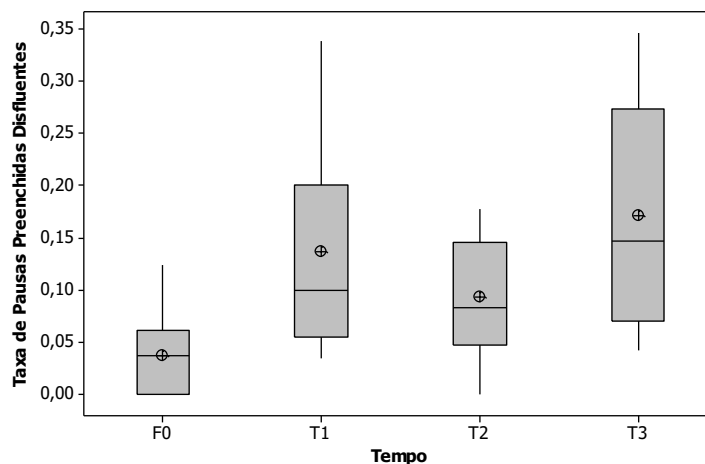
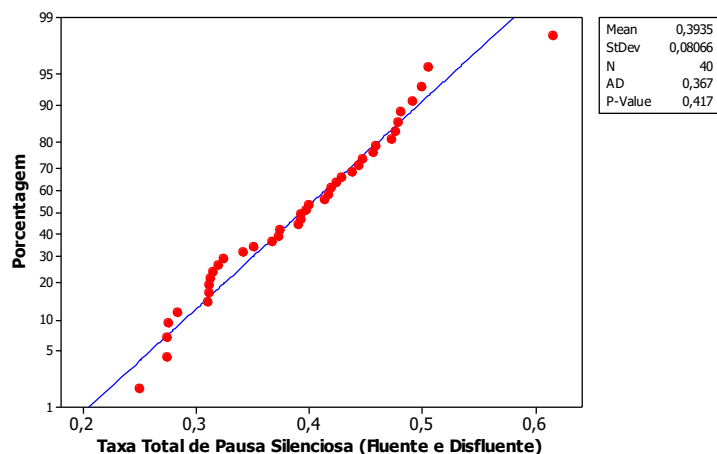


Gráfico 170 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa de PPD em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



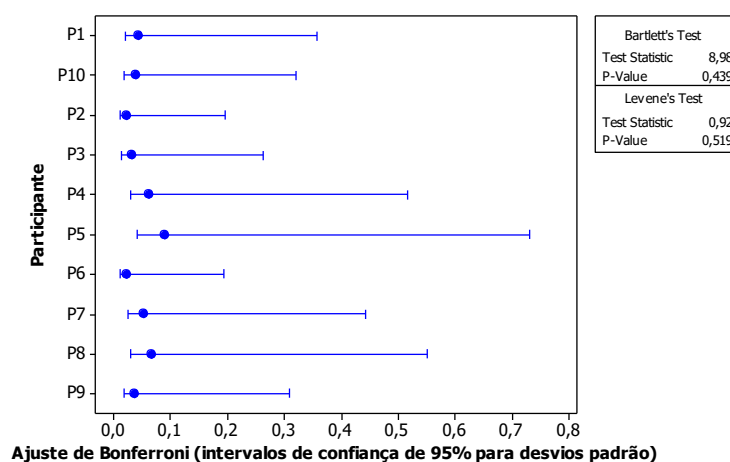
i) Taxa Total de Pausas Silenciosas (Fluentes e Disfluente)

Gráfico 171 - Teste de normalidade de Anderson-Darling para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Leitura



Como podemos verificar, o p-valor para esta variável foi 0,42 sendo assim, considera-se a variável em análise como tendo distribuição normal.

Gráfico 172 - Testes de esfericidade de Bartlett e de Levene para a Taxa TPS (Fluente e Disfluente) da Leitura



Podemos verificar que a igualdade de variâncias foi atestada tanto pelo teste de Bartlett quanto pelo de Levene.

Tabela 85 - GLM pareado para testar a significância da variação da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) ao longo do tempo

Fator	Grupo	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tempo	F0	3	0,00	0,00	0,00	0,13	0,9
	T1						
	T2						
	T3						
Erro		36	0,25	0,25	0,01		
Total		39	0,25				

Como podemos observar pelo resultado da tabela anterior, a variável Taxa TPS (Fluente e Disfluente) não apresentou variação estatisticamente significativa ao longo do tempo no conjunto amostral, p-valor = 0,94.

Por meio do gráfico a seguir, podemos verificar visualmente que o valor da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) dos participantes permaneceu relativamente estável ao longo do tempo.

Gráfico 173 - Representação dos valores médios da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundo) dos pilotos ao longo do tempo

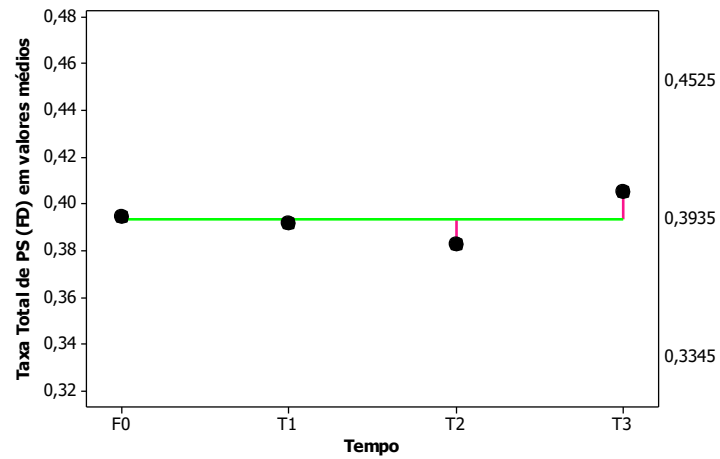


Gráfico 174 - Representação da média, do desvio padrão e dos intervalos de confiança estimados da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundos) ao longo do tempo

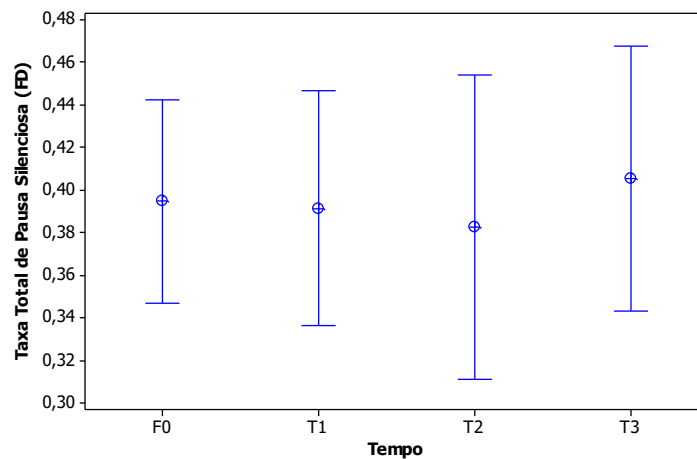
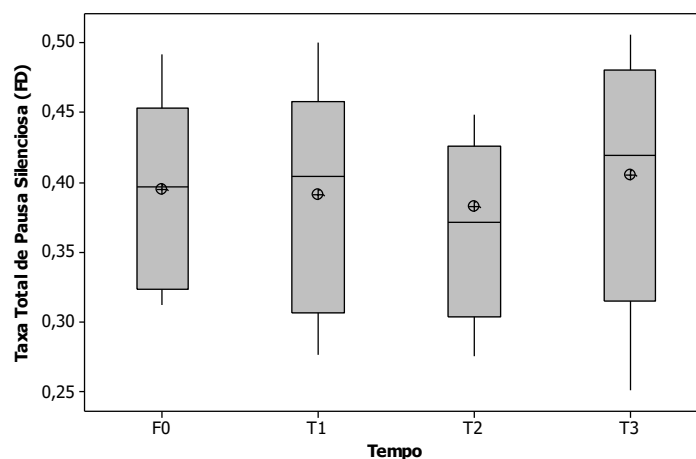


Gráfico 175 - Desenho esquemático do valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartil, média e mediana da Taxa TPS (Fluente e Disfluente) em valores reais (em segundos) ao longo do tempo



j) Análise de Componentes Principais (PCA) – Leitura

Após a aplicação dos testes estatísticos de hipóteses para avaliarmos a significância de variação dos dados, decidimos rodar, também para a leitura, uma PCA para determinarmos a melhor maneira de agrupar e relatar esses dados.

Antes de procedermos à análise de componentes principais propriamente dita, realizamos a padronização dos dados, que é um pré-requisito para a aplicação de PCA. A padronização foi feita subtraindo-se a média da variável e dividindo o valor resultante por seu desvio padrão, isso para cada variável separadamente.

Após a aplicação da PCA, pudemos constatar, conforme demonstrado na tabela a seguir, que a primeira componente principal é responsável por 43% da variação total dos dados. As variáveis que mais se correlacionam com a primeira componente principal (PC1) são Taxa PD (0,50), Taxa de PPD (0,49), Taxa PSD (0,48) e Taxa TP (0,43). A primeira componente principal está positivamente correlacionada com todas essas quatro variáveis. Portanto, podemos constatar que ao aumentarmos os valores da Taxa PD, Taxa PPD, Taxa PSD e Taxa TP teremos também um aumento no valor da primeira componente principal. Salientamos que as primeiras quatro componentes principais explicam 98% da variação nos dados.

Sendo assim, podemos também inferir que essas quatro primeiras componentes podem ser usadas para analisarmos os indícios de fadiga e sonolência do grupo estudado não sendo necessário, em princípio, o cálculo de todas as nove variáveis.

Tabela 86 - Análise de Componentes Principais das 9 variáveis analisadas na leitura

Autoanálise (Autovalores e Autovetores) da Matriz de Correlação									
Autovalor	3,85	2,37	1,90	0,74	0,14	0,01	0,00	-0,00	-0,00
Proporção	0,43	0,26	0,21	0,08	0,02	0,00	0,00	-0,00	-0,00
Acumulado	0,43	0,69	0,90	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
Variável	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Txa Eloc	-0,19	-0,04	0,67	0,07	-0,07	-0,71	0,00	-0,00	-0,00
Txa Art	-0,02	-0,06	0,65	-0,49	-0,00	0,57	-0,00	0,00	0,00
DMP	-0,13	-0,32	-0,33	-0,80	0,10	-0,34	-0,00	-0,00	-0,00
Txa TP	0,43	0,33	0,05	-0,14	0,26	-0,13	-0,61	-0,47	0,12
Txa PF	-0,17	0,60	-0,03	-0,16	0,18	-0,05	0,23	0,27	0,65
Txa PD	0,50	-0,10	0,06	-0,02	0,12	-0,08	0,73	-0,42	0,10
Txa PSD	0,48	-0,05	-0,01	-0,12	-0,76	-0,08	-0,12	0,27	0,28
Txa PPD	0,49	-0,12	0,10	0,02	0,50	-0,08	-0,04	0,67	-0,17
Txa TPS (FD)	0,07	0,63	-0,03	-0,24	-0,21	-0,10	0,19	0,06	-0,67

Gráfico 176 - Gráfico de linha dos autovalores versus as componentes principais

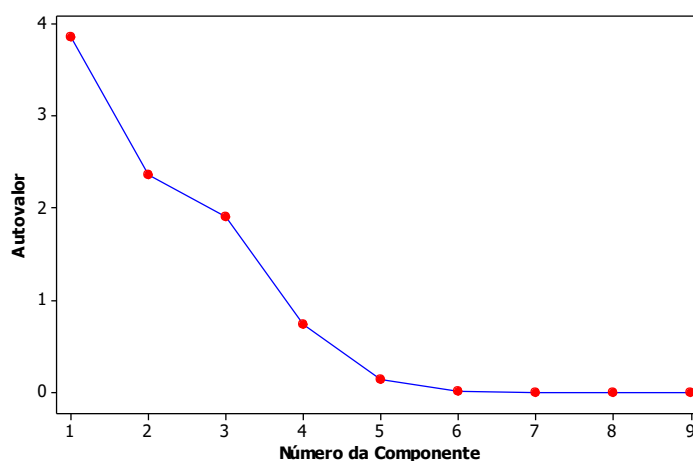


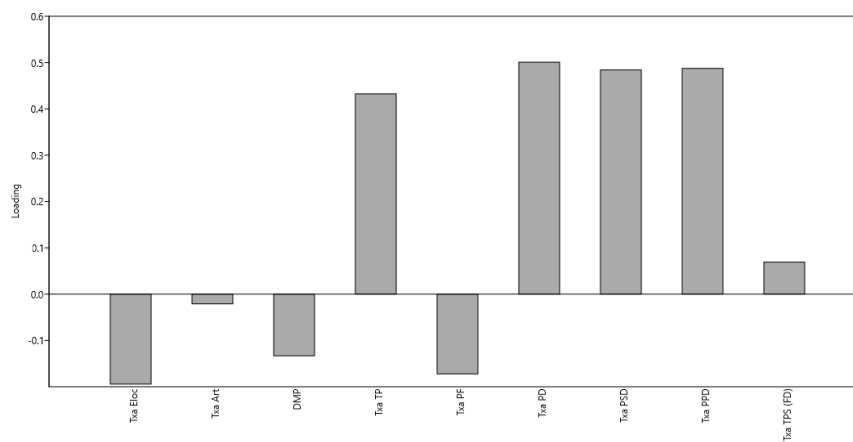
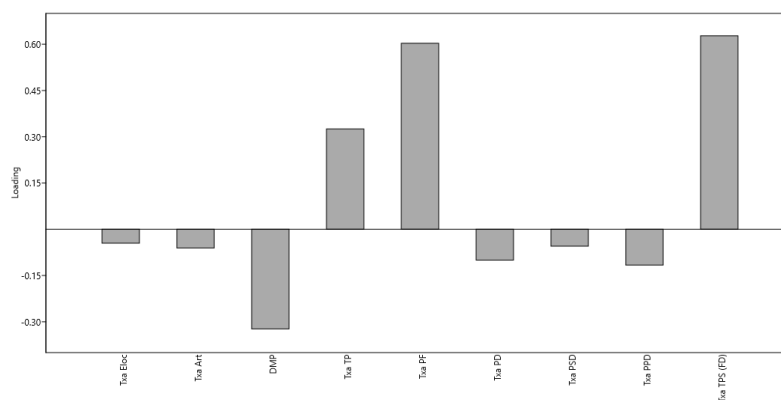
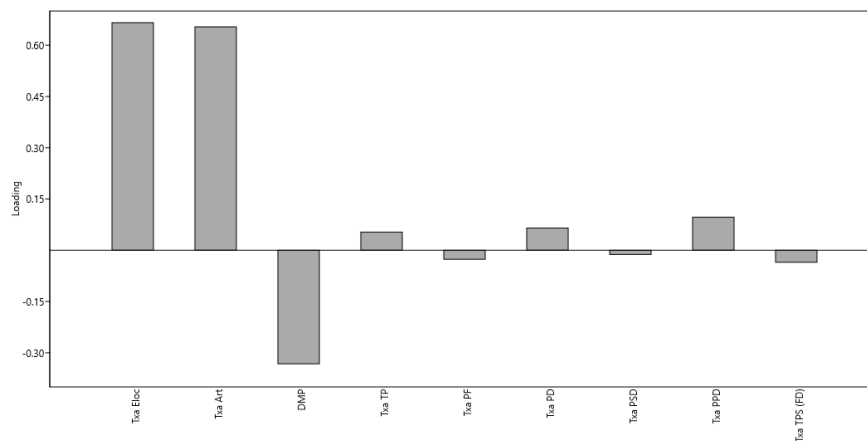
Gráfico 177 - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC1**Gráfico 178** - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC2**Gráfico 179** - Gráfico de barras de cada variável e seus valores na PC3

Gráfico 180 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda com os envoltórios convexos dos grupos de tempo

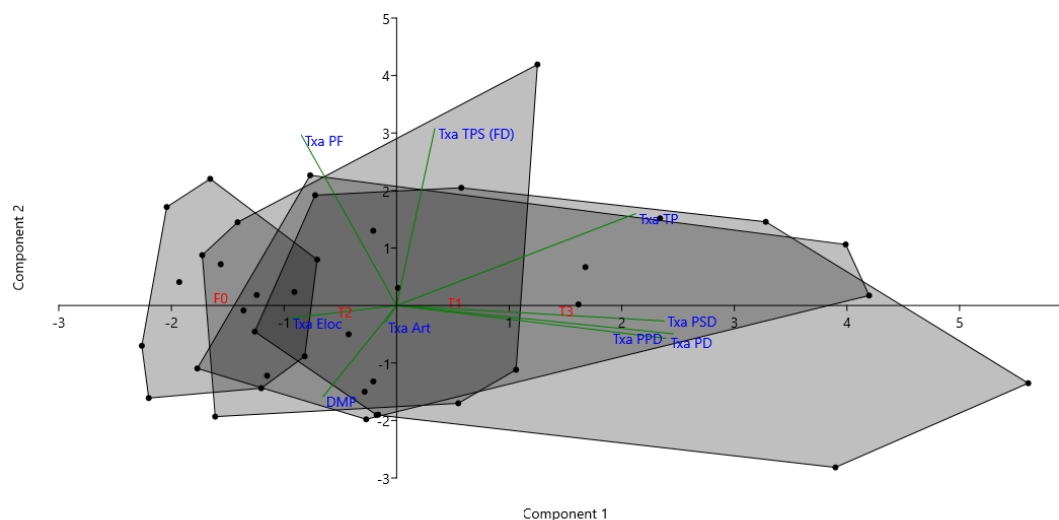
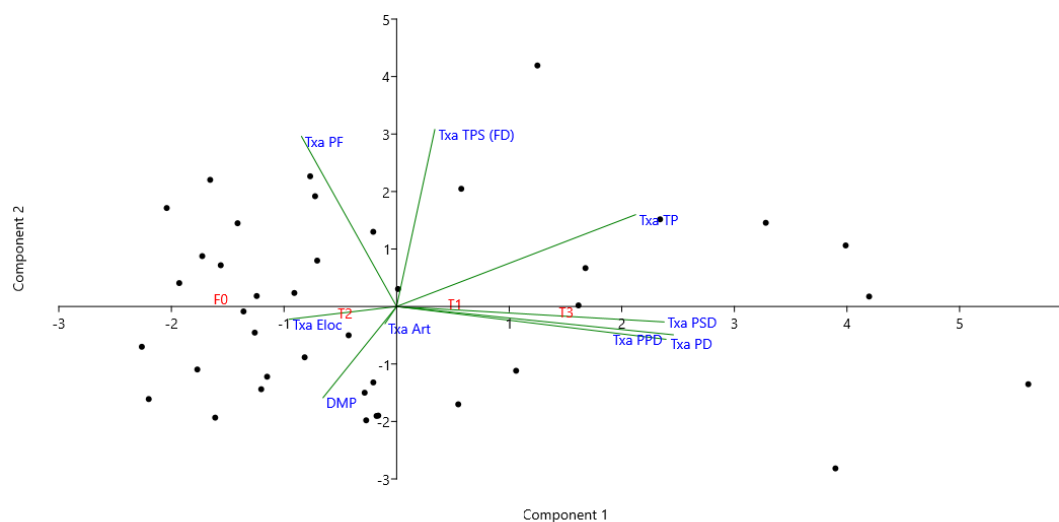


Gráfico 181 - Gráfico de dispersão da primeira componente versus a segunda sem envoltórios dos grupos



k) Análise Discriminante Linear (LDA) – leitura

Para a leitura, considerando que tínhamos 4 grupos previamente conhecidos, com variáveis que seguiam distribuição normal, eram esféricas e que estavam já padronizadas, optamos por usar a LDA para classificarmos nosso modelo. Pretendíamos, com isso, analisar como as variáveis predictoras distinguem os grupos

entre si, determinar o grau de precisão com que as observações seriam classificadas nos grupos conhecidos e verificar se a classificação para a leitura seria superior à fala espontânea.

Nos dados aqui analisados, ao aplicarmos a LDA, obtivemos 3 eixos explicativos da variação dos dados. Como podemos constatar, ao analisarmos a tabela a seguir, o Eixo 1 conseguiu explicar 79,6% da variação dos dados, do modelo.

Podemos verificar, ao analisarmos os achados da leitura, que o desempenho dos modelos foram inferiores aos da fala espontânea. Portanto, sugerimos a utilização da fala espontânea em estudos futuras por esta ter se mostrado mais robusta na detecção de fadiga e sonolência e para a classificação de padrões.

Tabela 87 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo

Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	0,64	79,6%
2	0,12	14,9%
3	0,04	5,5%

Tabela 88 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na leitura nos 4 grupos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA (Análise Discriminante Linear)						
Grupo Alocado	Grupo Verdadeiro					Total
	F0	T1	T2	T3		
F0	8	0	2	0	10	
T1	1	7	2	0	10	
T2	4	1	4	1	10	
T3	2	3	0	5	10	
Total	15	11	8	6	40	

Os eixos da LDA são combinações lineares das variáveis originais, como no PCA, e os autovalores indicam a quantidade de variação explicada por esses eixos.

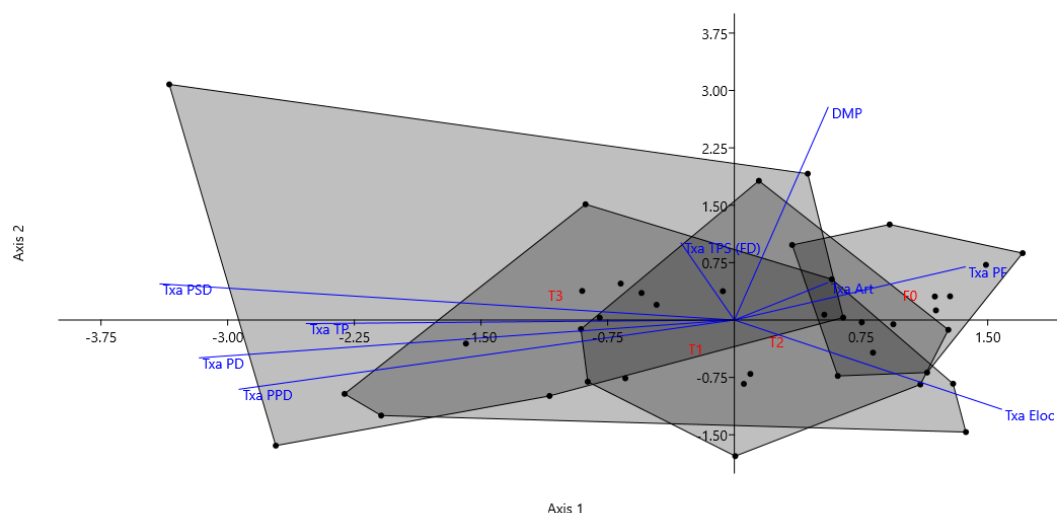
Como poderemos verificar, ao analisarmos a tabela a seguir que contém a Matriz de Confusão dos dados, o desempenho da LDA para a classificação dos grupos nas

condições extremas, tempo F0 (folga) e tempo T3 (última coleta do dia de trabalho – 16 horas após terem acordado), foi, respectivamente, 80% e 50% de índice de acerto. Já nos instantes intermediários, T1 e T2, o desempenho foi, respectivamente 70% e 40%. Como podemos constatar, o desempenho para a fala espontânea foi superior ao da leitura.

Tabela 89 - Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA

Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA			
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Txa Eloc	-1,72	-2,95	7,19
Txa Art	1,57	2,62	-5,42
DMP	-0,77	-0,63	3,56
Txa TP	-0,32	-0,66	1,02
Txa PF	0,16	-0,19	0,33
Txa PD	-0,40	-0,47	0,71
Txa PSD	-1,18	0,58	1,30
Txa PPD	-0,04	-0,91	0,42
Txa TPS (FD)	-0,44	0,09	1,05

Gráfico 182 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis



➤ **Teste comparativo somente com as 2 amostras extremas de tempo**

Tabela 90 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor do eixo

Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	2,03	100%

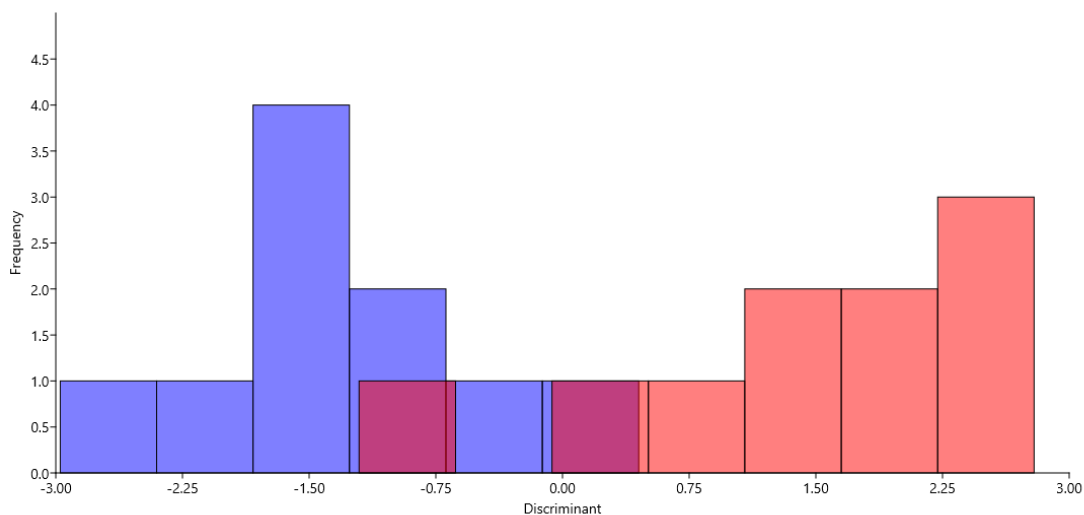
Tabela 91 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na fala espontânea nos 2 grupos extremos de tempo - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA			
Grupo Alocado	Grupo verdadeiro		
	F0	T3	Total
F0	9	1	10
T3	1	9	10
Total	10	10	20

Tabela 92 - Carga de cada variável para o eixo único da LDA

Carga de cada variável para o eixo da LDA	
	Eixo 1
Txa Eloc	6,12
Txa Art	-5,01
DMP	2,98
Txa TP	1,22
Txa PF	0,29
Txa PD	0,91
Txa PSD	2,00
Txa PPD	0,39
Txa TPS (FD)	1,37

Gráfico 183 - Gráfico de barras contendo o Eixo 1 (que, nesse caso, explica 100% do modelo) contendo dois grupos de tempo, F0 e T3, das 9 variáveis



➤ **Teste comparativo somente com as amostras de tempo F0, T1 e T3**

Tabela 93 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo

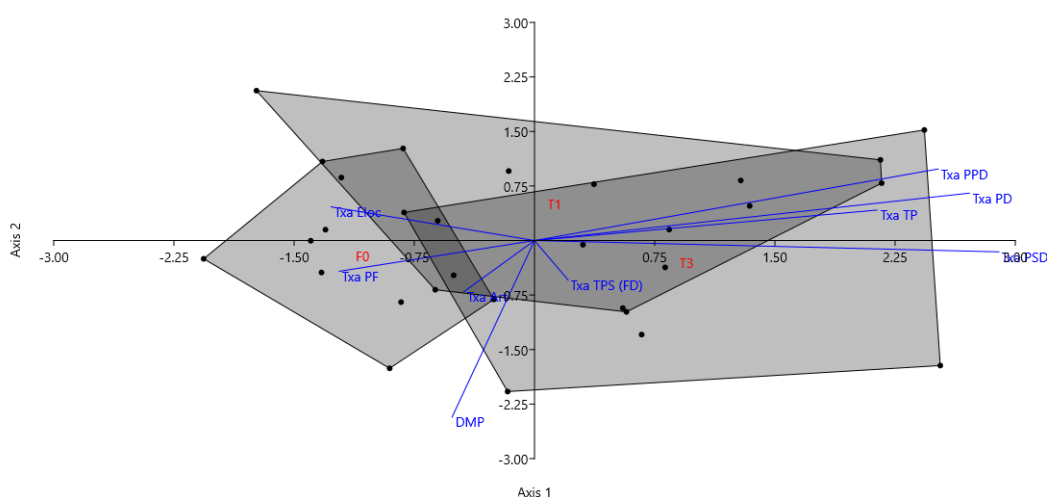
Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	0,76	83,9%
2	0,15	16,1%

Tabela 94 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na leitura em 3 grupos de tempo, 2 externos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA (Análise Discriminante Linear)				
Grupo Alocado	Grupo Verdadeiro			Total
	F0	T1	T3	
F0	10	0	0	10
T1	1	8	1	10
T3	1	2	7	10
Total	12	10	8	30

Tabela 95 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA

Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA		
	Eixo 1	Eixo 2
Txa Eloc	3,34	-0,78
Txa Art	-2,74	0,34
DMP	1,52	-1,28
Txa TP	0,61	0,00
Txa PF	-0,01	-0,07
Txa PD	0,56	0,05
Txa PSD	1,36	-0,99
Txa PPD	0,18	0,51
Txa TPS (FD)	0,70	-0,60

Gráfico 184 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis

➤ **Teste comparativo somente com as amostras de tempo F0, T2 e T3**

Tabela 96 - quantidade de variação dos dados explicada pelo autovalor de cada eixo

Eixo	Autovalor	Porcentagem
1	1,12	91,3%
2	0,11	8,7%

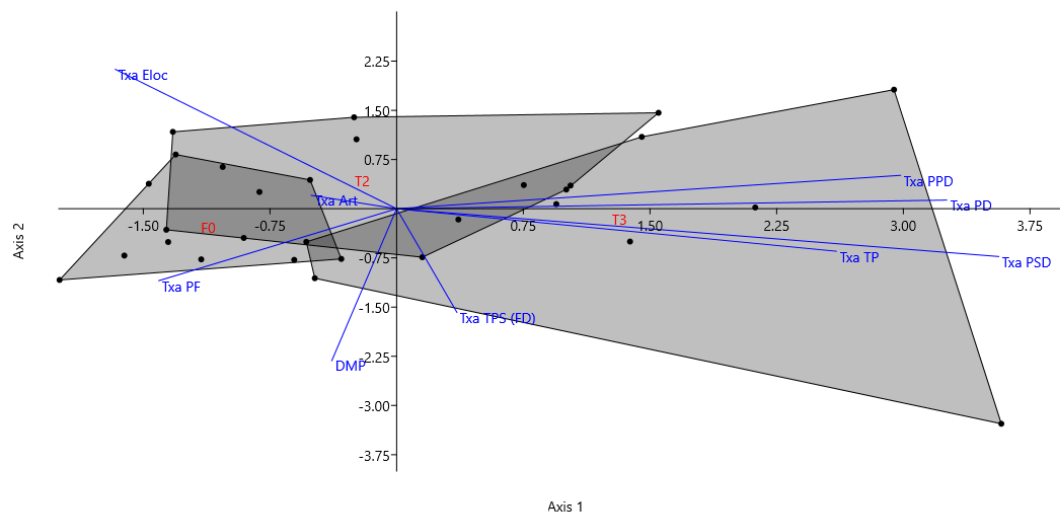
Tabela 97 - Análise Discriminante Linear das 9 variáveis analisadas na leitura em 3 grupos de tempo, 2 extremos e 1 intermediário - resultados obtidos quando os indivíduos foram alocados aos grupos considerando a mínima distância de Mahalanobis

Matriz de confusão da LDA (Análise Discriminante Linear)				
Grupo Alocado	Grupo Verdadeiro			Total
	F0	T1	T3	
F0	9	1	0	10
T1	3	6	1	10
T3	1	0	9	10
Total	13	7	10	30

Tabela 98 - Carga de cada variável para o eixo principal da LDA

Carga de cada variável para os 3 eixos principais da LDA		
	Eixo 1	Eixo 2
Txa Eloc	2,79	5,50
Txa Art	-2,52	-4,47
DMP	1,35	2,06
Txa TP	0,57	1,05
Txa PF	-0,06	0,32
Txa PD	0,55	0,74
Txa PSD	1,43	-0,10
Txa PPD	0,14	1,08
Txa TPS (FD)	0,69	0,29

Gráfico 185 - Relação do Eixo 1 versus o Eixo 2 contendo os envoltórios convexos de cada grupo de tempo e a direção das 9 variáveis



5 - CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um protocolo para detecção da fadiga humana do tipo central e da sonolência baseado nos correlatos acústicos de voz, fala e linguagem.

Por meio dos subestudos aqui desenvolvidos, constatamos que sim, os parâmetros acústicos e perceptivos de voz, fala e linguagem são suficientemente robustos e para a detecção da fadiga humana de origem central e da sonolência. Esses parâmetros aqui analisados são também facilmente extraídos mesmo em arquivos com baixa relação sinal/ruído, o que viabiliza suas medidas mesmo em gravações ruidosas e, evidentemente, em situações reais de fala como, por exemplo, nos casos de arquivos extraídos de CVRs.

Ao analisarmos os resultados do estudo piloto, subestudo 1, constatamos que, qualitativamente, era possível a detecção de variações da voz, fala e linguagem de pilotos com queixa de fadiga e também quantitativamente ao compararmos a um grupo controle (indivíduos sem queixa). Ao compararmos os resultados com o FAST, verificamos que houve correspondência entre a predição de fadiga dada pelo FAST e alterações da organização temporal do discurso e análise perceptivo-auditivo de voz, fala e linguagem. No entanto, o corpus foi pequeno e não realizamos, na época, um estudo mais aprofundado das medidas realizadas no subestudo 5. O estudo piloto serviu-nos de norteador para um desenho metodológico mais robusto com a extração de um número maior de variáveis objetivas, a comparação com medidas psicométricas de fadiga e sonolência já consagradas na literatura científica e a coleta de medidas pareadas.

No subestudo 2, conseguimos nos aprofundar na extração das medidas, comparativamente ao que havíamos realizado no estudo piloto, e constatamos que também era possível detectar sinais de fadiga e sonolência por meio da análise de voz, fala e linguagem de piloto com queixa/suspeita desses sinais/sintomas em situação real de acidente aeronáutico. No entanto, não tivemos possibilidade de comparar as variações encontradas com outra medida já consagrada na literatura científica para a detecção da fadiga ou sonolência. Tivemos acesso ao exame da equipe de Psicólogos Peritos do CENIPA que apresentava em seu resultado indícios de fadiga e sonolência dos pilotos e assim correspondência com o os nossos achados. Para uma pesquisa científica mais robusta, sabíamos que ainda era

recomendável a comparação de métodos já consagrados com nossas medidas para uma comparação de resultados.

Por meio do subestudo 3, verificamos que alterações encontradas na voz, fala e linguagem de um piloto sem queixa de fadiga ou sonolência, mesmo diante de uma situação de acidente aéreo, são distintas das encontradas nas situações de fadiga e sonolência.

Considerando-se os achados do subestudo 4 para os parâmetros acústicos e clínicos da fala e da fluência, pudemos constatar alterações na voz, fala e linguagem de pilotos com queixa de fadiga e sonolência diante de uma situação de incidente aéreo.

Por meio do subestudo 5, verificamos que houve concordância entre a detecção de fadiga e sonolência atestada pelas escalas psicométricas aplicadas e a detecção de alterações de fala e linguagem dos pilotos viabilizando, portanto, a medição desses sintomas como sinais objetivos.

Constatamos também que é possível elencar os marcadores acústicos de fala e linguagem indicativos da fadiga humana central e da sonolência e usá-los como roteiro, como protocolo de análise para novos casos.

Além disso, após a aplicação de testes de classificação de padrões como a PCA, verificamos a viabilidade de reduzirmos o número de marcadores, variáveis extraídas para cerca de 3 ou 4, o que agilizaria o processo de análise e, sobretudo, que é possível o uso da LDA para agruparmos os indivíduos e para classificarmos novos casos (fatigados e sonolentos ou sem sinais fadiga e sonolência) baseados em banco de dados previamente construídos para tal classificação. Desse modo, não será necessária a análise comparativa de um caso novo entre a sua própria situação de descanso com a situação de queixa/suspeita de fadiga e sonolência, pois bastaria o uso da LDA para classificarmos os sinais do indivíduo usando o banco de dados.

Após as considerações acima, percebe-se que a voz, a fala e a linguagem humana contêm informações que vão muito além da mensagem que veiculam, que transmitem. Por meio das análises qualitativas e quantitativas aqui apresentadas

vimos que voz, fala e linguagem fornecem evidências consistentes sobre a condição física, central e emocional do falante.

REFERÊNCIAS

1. ANG, V. **O pesadelo de uma noite mal dormida**. Scientific American Brasil. v. 8, p. 44-53, 2003.
2. ÅKERSTEDT, T.; GILLBERG, M. **Subjective and objective sleepiness in the active**. Intern. J. Neuroscience, v. 52, p. 29-37, 1990.
3. ÅKERSTEDT, T. et al. **Predicting road crashes from a mathematical model of alertness regulation - The Sleep/Wake Predictor**. Accident Analysis & Prevention. v. 40, n. 4, p. 1480–1485, 2008.
4. AMANN, M. **Central and peripheral fatigue: Interaction during cycling exercise in human**. Med Sci Sports. Indianapolis. v. 43, n. 11, p. 2039 - 2045, 2011.
5. ANDRADE, C.R.F. et al. **ABFW: teste de linguagem infantil e nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática**. Barueri: Pró-Fono, 2002.
6. ANTUNES, L. B. **O papel da prosódia na expressão das atitudes do locutor em questões**. 2007. 306 p. Tese (Doutorado em Linguística) – Faculdade de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
7. ARAÚJO, J.F.; MARQUES, N. **Cronobiologia: uma multidisciplinaridade necessária**. Margem, n. 15, P. 95-112, 2002.
8. ARGYROPOULOS, G.P. et al. **The neostriatum and response selection in overt sentence production: An fMRI study**. NeuroImage v. 82, p. 53–60, 2013.
9. ARISTÓTELES. **Retórica das Paixões**. Trad. do grego por Isis Borges B. da Fonseca. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
10. ASCENSÃO, A. et al. **Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica**. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, Portugal, v. 3, n.1, p. 108-123, 2003.

11. ASTESANO, C. **Rythme et accentuation en Français: invariance et variabilité stylistique.** Paris: L'Harmattan, 2001.
12. BANKS, J. O. et al. **An evaluation of aviation maintenance fatigue countermeasures training.** Civil Aerospace Medical Institute - Federal Aviation Administration, Washington, p. 1-22, may, 2013.
13. BANSE, R.; SCHERER, K. R. **Acoustic profiles in vocal emotion expression.** In: *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 70, n. 3, p. 614 – 636, 1996.
14. BENVENISTE, É. **Problemas de Linguística Geral I.** Campinas, SP: Pontes, 5ª ed, 2005.
15. BARNES, C. M.; LINN, V. D. **I'm tired:** Differential effects of physical and emotional fatigue on workload. *Human Relations*, Los Angeles and London, v. 62, n. 1, p. 59–92, 2009.
16. BEHLAU, M., PONTES, P. **Avaliação Global da Voz.** São Paulo: Paulista Publicações Médicas, 1999.
17. BEHLAU, M. **Voz: o livro do especialista.** Rio de Janeiro: Revinter, 2001.
18. BENLOUCIF, S. et al. **Stability of Melatonin and Temperature as Circadian Phase Markers and Their Relation to Sleep Times in Humans.** *Journal of Biological Rhythms*. v. 20, n. 2, p. 178-188, 2005.
19. BERTOLAZI, A. N. et al. **Validação da escala de sonolência de Epworth em português para uso no Brasil.** *J. bras. pneumol.* v.35, n. 9, Setembro, 2009.
20. BITTENCOURT, L. R. A. et al. **Sonolência excessiva.** *Rev Bras Psiquiatr.* v. 27. p. 16-21, 2005.
21. BORGES, M. S. D. **Estudo prosódico da emissão do repórter na simulação de dois contextos da reportagem: a passagem e o off.** 103f. Dissertação. (Mestrado em Linguística). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Letras, Belo Horizonte, 2008.

22. BOLINGER, D. **Intonation and its Parts**. London: Edward Arnold Publishers, 1985.
23. BRENNER, M. et al. **Speech analysis as an index of alcohol intoxication**. The Exxon Valdez accident. *Aviation, Space, Environmental Medicine*, Washington, D.C. v. 62, p. 893-8, 1991.
24. BRENNER, M. et al. **Speech measures indicating workload demand**. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Washington, D.C. v. 65, p. 21-6, 1994.
25. BRENNER, M. et al. **Speech study report**. NTSB - National Transportation Safety Board - Office of aviation safety. Washington, D.C. December 22, 2003.
26. CANTONI, M.M. **O acento no português brasileiro: uma abordagem experimental**. 2013. 194 p. Tese (Doutorado em Linguística) – Faculdade de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
27. CASSIANO, S. K. **A Fadiga em Foco na Aviação: Adaptação Brasileira da Samn Perelli Scale**. *Revista Conexão Sipaer*. v. 8, n. 3, p. 19-28, 2017.
28. CELESTINO, V. R. R. **Fadiga no trabalho de pilotos: uma psicologia sistêmica da aviação civil**. 2017. 145 P. Tese (Doutorado em Psicologia) – Escola de Saúde – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017.
29. CHAUDHURI, A.; BEHAN, P.B. **Fatigue and basal ganglia**. *Journal of the Neurological Sciences*. v. 179, p. 34–42, 2000.
30. CHEE, M. W. L.; CHUAH, Y. M. L. **Functional neuroimaging and behavioral correlates of capacity decline in visual short-term memory after sleep deprivation**. *Proceedings of National Academy of Science*. Washington, D.C. v. 104, n. 22, p. 9487–9492, 2007.
31. CHUNG, S. J. **L'expression et la perception de l'émotion extraite de la parole spontanée: évidences du coréen et de l'anglais**. Tese (Doutorado). Université de la Sorbonne Nouvelle III- Paris, 2000.

32. COLTON, R. H., CASPER, J. K. **Compreendendo os problemas de voz: uma perspectiva fisiológica ao diagnóstico e ao tratamento.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
33. COOK, D. B. et al. **Functional neuroimaging correlates of mental fatigue induced by cognition among chronic fatigue syndrome patients and controls.** *NeuroImage*. v. 36, p. 108 - 122, 2007.
34. COUPER-KUHLEN, E. **Prosody.** In: Verschueren, J. et al. *Handbook of pragmatics.* Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, 2000. 298p.
35. CRYSTAL, D. **The linguistic status of prosodic and paralinguistic features.** *The Literary & Philosophical Society (Lit & Phil).* University of Newcastle-upon Tyne. v. 8, p. 93-108, 1966.
36. CRYSTAL, D. **Prosodic systems and intonation in English.** Cambridge. The Cambridge University, 1969.
37. DANG-VU, T.T. et al. **Sleep.** *Encyclopædia Britannica, Inc.* 2016. [Online]. Available: <https://global.britannica.com/science/sleep>.
38. DARWIN, C. **A expressão das emoções no homem e nos animais.** Trad. por Leon de Souza Lobo Garcia. São Paulo: Companhia das Letras, 2009 [1872].
39. DELUCA, J. et al. **Functional Neuroimaging of Fatigue.** *Phys Med Rehabil Clin N Am.* v. 20, p. 325 - 337, 2009.
40. DEMOUGEOT, L.; PAPAXANTHIS, C. **Muscle fatigue affects mental simulation of action.** *The Journal of Neuroscience.* v. 31, n. 29, p. 10712 - 10720, 2011.
41. DINGES, D. F. **An overview of sleepiness and accidents.** *Journal of Sleep Research*, 4 (Suppl. 2), 4 – 14, 1995.
42. DUC, B. D.; LI, X. **Functional neuroimaging of circadian fatigue.** *Int. J. Computer Applications in Technology.* v. 45, n. 2/3, p. 156-63, 2012.

43. DUEZ, D. **Organisation temporelle de la parole et dysarthrie parkinsonienne.** In: OZSANCAK, C.; AUZOU, P. *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson.* Marseille: Solal, p. 195-211, 2005.
44. DURSO, F. T.; MANNING, C. A. **Air Traffic Control: Reviews of Human Factors and Ergonomics.** v. 4, p. 195-244, 2008.
45. EKMAN, P. **An argument for basic emotions.** In: *Cognition & Emotion*, v. 6, n. 3/4, p. 169 – 200, 1992.
46. FAST[®] - **The Fatigue Avoidance Scheduling Tool - SOFTWARE.** [Online]. Available: <https://www.fatiguescience.com/fast-scheduling>.
47. FERNANDES, R.M.F. **O sono normal.** Medicina, Ribeirão Preto, Simpósio: distúrbios respiratórios do sono. v. 39 n. 2, p. 157-168, 2006.
48. FOLKARD, S.; AKERSTEDT, T. **Trends in the risk of accidents and injuries and their implications for models of fatigue and performance.** Aviat Space Environ Med. v. 75, n. 3, p. 161-167, 2004.
49. FÓNAGY, I. **Des fonctions de l'intonation: essay de synthèse.** In: Flambeau, Tokyo, n. 29, p. 1-20, 2003.
50. FÓNAGY, I. **As funções modais da entoação.** Cadernos de Estudos Linguísticos. Campinas, v. 25, Jul./Dez., p. 25-65, 1993.
51. GREELEY, H. P. et al. **Fatigue Estimation Using Voice Analysis.** Behavior Research Methods. v. 39, n. 3, p. 610-619, 2007.
52. GREELEY, H. P. et al. **Field Study Evaluation of Cepstrum Coefficient Speech Analysis for Fatigue in Aviation Cabin Crew.** Civil Aerospace Medical Institute - Federal Aviation Administration. Washington, October, 2013.
53. GROSJEAN, F. **Les variables temporelles dans la production, la perception et la compréhension de l'anglais et de la langue des signes américaines.** Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris VII, 1978. APUD - DUEZ, D. *Organisation temporelle de la parole et dysarthrie parkinsonienne.* p. 195-211, 2005.

54. GROSJEAN, F.; ITZLER, J. **Can semantic constraints reduce the role of word frequency during spokenword recongition?** *Bulletin of the Psychonomic Society*, v. 22, n.3, p.180-182, 1984.
55. GUIMARÃES, M. A. S. V., SILVA, M. A. A. **Relação entre sono e voz: percepção de indivíduos adultos disfônicos e não disfônicos.** *Distúrb. Comum. São Paulo*, v. 19, n. 1, p. 93-102, 2007.
56. HARRISON, Y., HORNE, J. A. **Sleep deprivation affects speech.** *Sleep Research*, v. 20, n. 10, p. 871-7, 1997.
57. ICAO. **FRMS (Fatigue Risk Management System) - DOC 9966.** [Online]. Available:
<http://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/Pages/DocumentsandToolkits.aspx>.
58. IZQUIERDO, I. **A MENTE HUMANA.** Centro de Memória do Instituto de Pesquisas Biomédicas da PUC-RS. 2004. [Online]. Available:
<http://www.scielo.br/pdf/ea/v3n6/v3n6a06.pdf>
59. JACKSON, C.A.; EARL, L. **Prevalence of fatigue among commercial pilots.** *Occupational Medicine*. v. 56, p. 263–268, 2006.
60. JAKOBSON, R. **Linguística, poética, cinema.** São Paulo: Perspectiva, 1970.
61. JAKUBOVICZ, R. **Gagueira.** Rio de Janeiro: Revinter, 2009.
62. JEPSEN, J.R. et al. **Seafarer fatigue: a review of risk factors, consequences for seafarers' health and safety and options for mitigation.** *Int Marit Health*. v. 66, n. 2, p 1–12, 2015.
63. JOHNS, M.W. **Daytime Sleepiness, Snoring, and Obstructive Sleep Apnea: The Epworth Sleepiness Scale.** *Chest*. v.103, p. 30-36, 1991.
64. JOHNSTONE, T.; SCHERER, K. R. **Vocal communication of emotion.** In: LEWIS, M.; HAVILAND, J. M. (orgs.) *Handbook of emotions*. 2. ed. Nova Iorque: Guilford, 2000.

65. KANDA, T. et al. **Sleep as a biological problem: an overview of frontiers in sleep Research.** The Journal of Physiological Sciences. v. 66, n. 1, p. 1–13, 2016.
66. KAIDA, K.; et al. **Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables.** Clin Neurophysiology. v. 117, p. 1574-1581, 2006.
67. KENT, R. D.; READ, C. **The acoustic analysis of speech.** California: Singular Publishing Group, 1992. 238 p.
68. KIM, D. J. et al. **The effect of total sleep deprivation on cognitive functions in normal adult male subjects.** Int J Neurosci. v. 109, n. 1-2, p. 127-37, 2001.
69. KISHI, A. et al. **NREM Sleep Stage Transitions Control Ultradian REM Sleep Rhythm.** Sleep, v. 34, n. 10, 2011.
70. KLAASSEN, E. B. et al. **Cortisol and induced cognitive fatigue: Effects on memory activation in healthy males.** Biological Psychology. v. 94, p. 167 - 174, 2013.
71. KNICKER, A. J. et al. **Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition.** Sports Med. v. 41, n. 4, p. 307 - 328, 2011.
72. KRAJEWSKI, J.; KROGER, B. **Using prosodic and spectral characteristics for sleepiness detection.** Interspeech Proceedings, v. 8, p. 1841 - 1844, 2007.
73. KRAJEWSKI, J. et al. **Acoustic sleepiness detection: Framework and validation of a speech-adapted pattern recognition approach.** Behavior Research Methods, v. 41, n. 3, p. 795 - 804, 2009.
74. KRAJEWSKI, J. et al. **Estimating fatigue from predetermined speech samples transmitted by operator communication systems.** Archives of Proceedings of the fifth international driving symposium on human factors in driver assessment, Training and vehicle design – 2010.
75. KUBE, L. C. **Fisiologia da fadiga, suas implicações na saúde do avião e na segurança na aviação.** Revista Conexão SIPAER, v. 2, n. 1, nov., 2010.

76. LECOURE, A. R.; LHERMITTE, F. **L'aphasie**. Paris-Montréal: Flammarion, 657 p. 1979.
77. LEHISTE, I. **Suprasegmentals**. Cambridge, Mass: MIT Press, 1970. In: REIS, C. Prosódia e telejornalismo, 2005.
78. LEI, H.; LOPEZ, E. **Mel, linear, and anti-mel frequency cepstral coefficients in broad phonetic regions for telephone speaker recognition**. Interspeech Proceedings, 10. p. 2323 - 2326, 2009.
79. LICATI, P. R. et al. **Correlação dos prognósticos do programa FAST com relatos de fadiga de pilotos da aviação civil brasileira**. Revista Conexão Sipaer. v. 6, n. 1, p. 7-17, 2015.
80. LIM, J.; DINGES, D. F. **A Meta-Analysis of the Impact of Short-Term Sleep Deprivation on Cognitive Variables**. Psychological Bulletin - American Psychological Association. v. 136, n. 3, p. 375 - 389, 2010.
81. LOMBARD, E. **Le signe de l'élévation de lavoix**. Annales des Maladies de L'Oreille et du Larynx. v. 27, n. 2, p. 101-9, 1911.
82. LOUIS, M. **Étude longitudinale de la dysprosodie d'un cas d'Aphasie Progressive Primaire: analyse des variables temporelles**. Thèse de doctorat en phonétique, Université de Provence, 306 p. 2003.
83. MACHADO, T.H. **Organização temporal na fala disártrica comparação entre populações com distúrbios nos núcleos da base**. 2011. 191 p. Tese (Doutorado em Linguística) – Faculdade de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
84. MADUREIRA, S. **Entoação e síntese de fala: modelos e parâmetros**. In: SCARPA, E. M. *et al. Estudos em prosódia*. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. cap. 2, p. 53-68.
85. MACLAY, H.; OSGOOD, C.E. **Hesitation Phenomena in Spontaneous English Speech**. Word - 1, p. 19-43, 1959.

86. MARCORA, S. M. et al. **Mental fatigue impairs physical performance in humans.** J Appl Physiol v. 106, p. 857 - 864, 2009.
87. MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. (orgs). **Cronobiologia: Princípios e Aplicações.** São Paulo: Edusp/Fiocruz, 1997.
88. MARTINS, D. A. et al. **O conceito de Fatores Humanos na aviação.** 2006. Disponível em: http://www.pilotos.org.br/wdownloads/fadiga_cap14-4.pdf.
89. MARTINS, J. M. **A lógica das emoções na ciência e na vida.** Petrópolis: Ed. Vozes, 2004.
90. MATNEI, T. et al. **Correlação da Escala de Sonolência de Epworth com alterações na polissonografia na avaliação da sonolência excessiva diurna em pacientes com síndrome da apneia-hipopneia obstrutiva do sono.** Medicina (Ribeirão Preto, Online.) v. 50, n. 2, p. 102-8, 2017.
91. MERLO, S. **Hesitações na fala semi-espontânea: análise por séries temporais.** 2006. 209 p. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Faculdade de Letras, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
92. MERLO, S. **Stuttering and sleep: some speculation.** In: International Stuttering Awareness Day. Mankato (Minnesota, EUA). A voice and something to say, 2012.
93. METZNER, R.J.; FISCHER, F.M. **Fadiga e capacidade para o trabalho em turnos fixos de doze horas.** Rev. Saúde Pública. v. 35, n. 6, p. 548-53, 2001.
94. MINITAB - SOFTWARE [Online]. Available: <https://www.minitab.com/pt-br/products/minitab/free-trial/>
95. MOHLER, S. R. **Fatigue in aviation activities.** Aerospace Medicine, v. 37, p. 722-32, 1966.
96. MORA-GALLARDO, E. **Caractérisation prosodique de la variation dialectale de l'espagnol parlé au Venezuela.** Thèse de doctorat em phonétique, Université de Provence, 446 p. 1996.

97. MOTA, D. D. C. F. et al. **Fadiga**: uma análise do conceito. Acta paul. Enferm., São Paulo, v. 8, n. 3, p. 285 - 93, 2005.
98. MOZICONACCI, S. J. L.; HERMES, D. J. **A study of intonation patterns in speech expressing emotion or attitude**: production and perception. IPO Annual Progress Report, 1997. lpl.univ-aix.fr.
99. MUKAKA, M. M. **Statistics Corner**: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. Malawi Medical Journal. V. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
100. NASA. **Human researches**. [Online]. Available: http://www.nasa.gov/exploration/humanresearch/index.html#.VE5ps_nF9qU.
101. NASCIMENTO, I. T. **Organização temporal na locução do telejornalista**. 115 f. Dissertação. (Mestrado em Linguística). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Letras, Belo Horizonte, 2008.
102. NTSB. **Loss of Control on Approach**. [Online]. Available: <http://www.nts.gov/doclib/reports/2010/aar1001.pdf>.
103. NTSB. **A review of flight crew-involved major accidents of U.S. air carriers, 1978 through 1990**. Washington: National Transportation Safety Board; NTSB Safety Study No. SS-94-01, 1994.
104. PALMA, A. **O trabalho dos comandantes de grandes jatos**: um estudo sobre aptidão física, saúde e qualidade de vida. Artus - rev. Ed. Fís. Desp., v. 18, n. 1, p. 38 - 52, 1998.
105. PALMA, A.; PAULICH, C. **A influência da aptidão física aeróbia sobre o desgaste em voo dos pilotos de caça**. ENEGEP, 1999. Disponível em: www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0780.PDF.
106. PAULMANN, S. et al. **Functional contributions of the basal ganglia to emotional prosody: Evidence from ERPs**. Brain Research, v. 1217, p. 171 – 178, 2008.

107. PEARSONS, K. et al. **Speech levels in various noise environments**. U.S. Environmental Protection Agency Report EPA-600/1-77-025. Springfield, Virginia, 1977.
108. PINTO, J.B.C.C. **A expressão de genes relacionados à plasticidade sináptica DURANTE o sono REM após exposição a um ambiente enriquecido**. 102 f. Dissertação. (Mestrado em Neurociências e Comportamento). Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia, São Paulo, 2010.
109. PINTO, J. C. B. R. et al. **Disfluências e velocidade de fala em produção espontânea e em leitura oral em indivíduos gagos e não gagos**. ACR. v.18, n. 2, p. 63-70, 2013.
110. PIRES, L. S; VIEIRA, M. N.; YEHIA, H. C. **Controle de loudness em conteúdos de formato curto para radiodifusão**. Anais do 14º Congresso de Engenharia de Áudio – São Paulo, 2016.
111. PRAAT - SOFTWARE [Online]. Available: www.praat.org.
112. REIS, C. et al. **Organisation temporelle dans laparole chez des malades brésiliens atteints de la maladie de Parkinson**. Travaux Interdisciplinaires du Laboratoire Parole et Langage, v. 26, p. 131-152, 2007.
113. RIBEIRO, S.; NICOLELIS, M.A.L. **Reverberation, storage, and postsynaptic propagation of memories during sleep**. Learning & Memory. v. 11, p. 686–696, 2004.
114. ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. **Aspectos atuais sobre exercício físico, fadiga e nutrição**. Rev. paul. Educ. Fis., São Paulo, v. 13, n. 1, p. 67 - 82, 1999.
115. RUIZ, R. et al. **Analysing Cockpit and Laboratory Recordings to Determine Fatigue Levels in Pilot's voices**. Acoustic 08 Paris, p. 1093 - 1097, 2008.
116. SAGASPE, P. et. al. **Inhibition and working memory effect of acute sleep deprivation on a random letter generation task**. Can J Exp Psychol. v. 57, n. 4, p. 265-73, 2003.

117. SAMN, S.W.; PERELLI, L.P. **Estimating aircrew fatigue: a technique with application to airlift operations.** USAF School of Aerospace Medicine, 29 p. 1982.
118. SANTOS, A. B. et al. **Aspectos biomecânicos e fisiológicos da fadiga na locomoção humana:** conceitos, mecanismos e aplicações. *Ciência em Movimento.* v. 12, n. 23, 2010.
119. SAUSSURE, F. **Curso de Linguística Geral.** 26ª ed. São Paulo: Cultrix, 2006.
120. SHAHID, A. et al. **Measurements of sleepiness and fatigue.** *Journal of Psychosomatic Research.* v. 69 p 81–89, 2010.
121. SHANTHA, M. W. et al. **Health in a 24-h society.** *The Lancet.* v. 358, September 22, 2001.
122. SHARMA, V.K. **Adaptive Significance of Circadian Clocks.** *Chronobiology International.* v. 20, n. 6, p. 901–919, 2003.
123. SHEI, R. J.; MICKLEBOROUGH, T. D. **Relative contributions of central and peripheral factors in human muscle fatigue during exercise:** a brief review. *Journal of Exercise Physiology.* v. 16, n. 6, 1 - 17, 2013.
124. SCHERER, K. R. **Vocal affect expression:** a review and a model for future research. In: *Psychological Bulletin*, v. 99, n. 2, p. 143-165, 1986.
125. SHIMAKURA, SE. **Laboratório de Estatística e Geoinformação,** UFPR, Brasil, <<http://leg.ufpr.br/~shimakur/>>. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node76.html>
126. SHIOMI, K. et al. **Development and evaluation of the fatigue and drowsiness predictor.** Archives of 28th international congress of the aeronautical sciences, 2012.
127. SIDTIS, D.V.L. et al. **Dysprosodic speech following basal ganglia insult:** Toward a conceptual framework for the study of the cerebral representation of prosody. *Brain and Language*, v. 97, p. 135–153, 2006.

- 128.** SILVA, T.C. **Fonética e Fonologia do Português: roteiro de estudos e guia de exercícios.** São Paulo: Contexto, 1998.
- 129.** SÖDERSTEN, M. et al. **Loud Speech in Realistic Environmental Noise: Phonetogram data, perceptual voice quality, subjective ratings, and gender differences in healthy speakers.** *Journal of Voice*, v. 19, no. 1, p. 29–46, 2005.
- 130.** SOLOMON, R. C. **Emotion.** Encyclopædia Britannica, Inc. 2017. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/emotion>.
- 131.** SPATARO, R. et al. **Plasma cortisol level in amyotrophic lateral sclerosis.** *Journal of the Neurological Sciences*. v. 358, p. 282–286, 2015.
- 132.** STEEMS, A. et al. **Mechanisms underlying muscle fatigue differ between multiple sclerosis patients and controls: A combined electrophysiological and neuroimaging study.** *NeuroImage*. v. 59, p. 3110 - 3118, 2012.
- 133.** SVENSSON, U. **Blink behaviour based drowsiness detection.** 87 f. Dissertação. (Mestrado em Applied Physics and Electrical Engineering). Linköping University - National Swedish Road & Traffic Research Institute, Linköping, 2004.
- 134.** TAUCCI, R. A.; BIANCHINI, E. M. G. **Verificação da interferência das disfunções temporomandibulares na articulação da fala: queixas e caracterização dos movimentos mandibulares.** *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*. v. 12, no. 4, p. 274 - 280, 2007.
- 135.** TEIXEIRA, E. G. **Organização temporal da leitura oral na doença de Parkinson.** 161 f. Dissertação. (Mestrado em Linguística). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Letras, Belo Horizonte, 2008.]
- 136.** TEIXEIRA, L. R. et al. **Sleep and sleepiness among working and non-working high school evening students.** *Chronobiol Int*. v. 24, n. 1, p. 99-113, 2007.
- 137.** TIKKANEN, A.; ROGERS, K. **Circadian Rhythm.** Encyclopædia Britannica, Inc. 2015. [Online]. Available: <https://global.britannica.com/circadian-rhythm>.
- 138.** TOURVILLE, J.A.; GUENTHER, F.H. **The DIVA model: A neural theory of speech acquisition and production.** *Lang Cogn Process*. v. 26, n. 7: 952–981, 2011.

139. TOYOMURA, A. et al. **Effect of an 8-week practice of externally triggered speech on basal ganglia activity of stuttering and fluent speakers.** *NeuroImage*, v. 109, p. 458–468, 2015.
140. TVARYANAS, A. P.; THOMPSON, W. T. **Fatigue in military aviation shift workers: survey results for selected occupational groups.** *Aviat. Space Environ. Med.*, v. 77, p. 1166 - 170, 2006.
141. VALENTE, P. **Aspectos Prosódicos da Leitura Oral.** 143f. Dissertação. (Mestrado em Linguística). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Letras, Belo Horizonte, 2003.
142. VAN DER LINDEN, D. et al. **Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning.** *Acta Psychologica*, v. 113, p. 45–65, 2003.
143. VIOLA, I. C. **Expressividade, estilo e gesto vocal.** Lorena: Instituto Santa Teresa, 2008.
144. VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem.** São Paulo: ÍCONE/EDUSP, 2010.
145. VOGEL, A. P. et al. **Acoustic analysis of the effects of sustained wakefulness on speech.** *J. Acoust. Soc. Am.* v. 128, n. 6, December, 2010a.
146. VOGEL, A. P. et al. **Acoustic analysis of the effects of 24 hours of sustained wakefulness.** *Archives of Australasian International Conference on Speech Science and Technology.* Melbourne, Australia. p. 4 - 16, December, 2010b.
147. YOSHITAKE, H. **Relations between the Symptoms and the Feeling of Fatigue.** *Ergonomics.* v. 14, n. 1, 175-186, 1971.
148. ZHOU, X. et al. **Linear versus Mel Frequency Cepstral Coefficients for Speaker Recognition.** *Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU).* IEEE Workshop, p. 559 - 564, 2011.

ANEXO A

Termo de consentimento livre e esclarecido

Prezado(a) Senhor(a),

Eu, Carla Aparecida de Vasconcelos, fonoaudióloga, portadora do registro no Conselho Federal de Fonoaudiologia nº: 6-6464, vou realizar uma pesquisa cujo título é “Análise de alterações na organização temporal da fala e em coeficientes cepstrais para a detecção da fadiga humana de origem central”, como parte do doutorado em Neurociências, sob orientação do Prof. Dr. Hani Camille Yehia e co-orientação do Prof. Dr. Maurílio Nunes Vieira.

Busco verificar o impacto da fadiga humana de origem central sobre a fala de pilotos. Para isso, será necessário comparar a leitura e a fala espontânea de pilotos em seus momentos de descanso (fala padrão) com a fala desses mesmos indivíduos em dias de trabalho. Além disso, será necessário o preenchimento de pequenos questionários sobre índice de fadiga e índice de sonolência.

Estou solicitando dos senhores a colaboração para realizarem a gravação da leitura de um texto e da fala espontânea por meio do gravador de áudio nativo do próprio celular dos senhores ou dos pesquisadores, se assim for necessário, e a autorização para análise.

Ressalto que os questionários de índice de fadiga e de sonolência bem como os arquivos de áudio deverão ser entregues exclusivamente aos pesquisadores deste estudo e que serão armazenados nas estações de trabalho (computadores) desses. Saliento, também, que todos os arquivos de áudio e os questionários respondidos serão destruídos ao final deste estudo.

Na hipótese de serem identificadas alterações como sonolência e/ou fadiga, o participante será sigilosa e pessoalmente esclarecido a respeito. Além disso, todos os participantes receberão orientações sobre a higiene do sono e a importância da adesão ao FRMS (*Fatigue Risk Management System*) das empresas aéreas onde trabalham. O FRMS foi anunciado pela a ICAO (*International Civil Aviation*

Organization) para o gerenciamento de riscos da fadiga humana em operações aéreas em todos os países dela signatários e, portanto, está em fase de implantação no Brasil em todas as empresas aéreas.

Sua participação é voluntária e sem custos e você poderá retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer tipo de prejuízo na sua atividade profissional. Asseguro, também, que os nomes dos participantes e empresas onde trabalham não serão divulgados.

Certa de poder contar com a sua autorização, coloco-me à disposição para dúvidas e esclarecimentos através dos telefones: (31) 3064-2522 ou (31) 98712-6216.

Carla Aparecida de Vasconcelos

Hani Camille Yehia

Maurílio Nunes Vieira

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.
Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.
E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: (31) 3409-4592.

Eu, _____ acredito ter sido suficientemente informado(a) a respeito da pesquisa a ser realizada pela fonoaudióloga Carla Aparecida de Vasconcelos e aceito participar do estudo intitulado “Análise de alterações na organização temporal da fala e em coeficientes cepstrais para a detecção da fadiga humana de origem central.”

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Ficou claro que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso aos resultados e de esclarecer minhas dúvidas a qualquer tempo. Autorizo a apresentação e publicação futura, em eventos e artigos científicos, dos resultados dessa pesquisa.

Concordo voluntariamente em participar e assino esse termo de consentimento indicando a minha anuência em participar da pesquisa, até que eu decida o contrário.

Esse TCLE possui 2 vias iguais sendo que recebi uma delas assinada pelos pesquisadores.

ANEXO B

ROTEIRO PARA COLETA DE DADOS

1º PASSO – Em um dia de folga, no qual esteja se sentindo totalmente descansado:

- a) Primeiramente, preencher os protocolos de índice de fadiga de Samn-Perelli e de índice de sonolência de Karolinska. **OBS.:** NO DIA DA COLETA DA AMOSTRA PADRÃO, se sua resposta for entre 1 a 4 para a escala de Karolinska e de 1 a 3 para a escala de Samn-Perelli passar para o passo seguinte. **Não prosseguir se seu índice de fadiga e sonolência for superior aos citados acima.**
- b) Preencher os questionários de Epworth, Yoshitake e Questionário da Pesquisa.
- c) Coletar amostra de fala dirigida (leitura de pequeno texto foneticamente balanceado). **OBS.:** Você deverá gravar pelo gravador do seu celular (**NÃO**

usar o gravador do Whatsapp) sempre mantendo uma distância de cerca de 10 centímetros da boca.

- d) Coletar amostra de fala espontânea também pelo gravador do celular. **OBS.:** Fazer um relato breve (entre 1 e 2 minutos) de fatos ocorridos no dia anterior à coleta ou no próprio dia da coleta. Também manter uma distância de cerca de 10 centímetros da boca.

Observação: No dia de folga a coleta será realizada uma única vez.

2º PASSO – EM UM DIA DE TRABALHO

- a) **OBS.:** AGUARDAR EXATAMENTE 1 HORA APÓS ACORDAR PARA DAR INÍCIO À COLETA. Preencher os questionários de Epworth, Yoshitake e Questionário da Pesquisa.
- b) Preencher os protocolos de índice de fadiga de Samn-Perelli e de índice de sonolência de Karolinska. **OBS.:** Neste dia não há problema em dar continuidade às coletas se o resultado for abaixo dos valores ideais. No dia de trabalho, essas duas escalas deverão ser preenchidas (assim como as coletas de fala) nos intervalos de **1 hora, 8 horas e 16 horas após acordar**.
- c) Coletar amostra de fala dirigida (leitura de pequeno texto foneticamente balanceado). **OBS.:** Você deverá gravar pelo gravador do seu celular (**NÃO** usar o gravador do whatsapp) sempre mantendo uma distância de cerca de 10 centímetros da boca. Realizar a leitura nos intervalos de **1 hora, 8 horas e 16 horas após acordar**, juntamente com a coleta de fala espontânea e a resposta às escalas de Karolinska e Samn-Perelli . Sempre informar o horário da coleta antes de realizar a leitura.
- d) Coletar amostra de fala espontânea também pelo gravador do celular. **OBS.:** Fazer um relato breve (entre 1 e 2 minutos) de fatos ocorridos no dia anterior à coleta e nos intervalos do próprio dia da coleta. Também manter uma distância de cerca de 10 centímetros da boca.

Após as coletas, se tiver realizado em questionário impresso, enviar os dados coletados (escaneados ou fotografados) para o seguinte endereço de e-mail: **fonoforeense@yahoo.com.br**. Caso tenha feito online, não precisa enviar os dados porque tudo já estará armazenado no banco de dados.

Telefone para contato: (31) 98712-6216.

Para sanar dúvidas sobre a coleta, entrar em contato pelo **e-mail** acima **ou** telefone via **Whatsapp**.

ANEXO C

TEXTO BALANCEADO FONETICAMENTE (TAUCCI; BIANCHINI, 2007)

**ATENÇÃO: Faça uma leitura silenciosa antes
de gravar o texto pela primeira vez.**

‘O dia amanheceu bonito na fazenda. A viagem da noite anterior havia sido muito cansativa. O problema na direção do carro demorou a ser resolvido e, por isso, chegamos tarde e fomos logo dormir.

Naquela manhã, o vaqueiro apareceu cedo trazendo o leite e uma cesta com biscoitos. Tínhamos um dia cheio pela frente, no entanto bem diferente do que estávamos acostumados na capital. Tivemos sorte de poder participar de um rodeio divertido, onde o peão deveria montar zebras, girafas e elefantes no lugar de tradicionais cavalos e touros. Que ideia absurda!

Tiago, zelador do sítio onde ocorreria o rodeio, resolveu exibir com orgulho o prêmio que ganhou naquela brincadeira. Já o último colocado, que era um homem húngaro, acabou machucando o joelho. Antes do encerramento ocorreu outro incidente: uma égua invadiu o estádio, assustando toda a plateia. O dia foi ótimo e compensou o cansaço de ontem!’

ATENÇÃO:

Agora grave também um relato espontâneo de 1 a 2 minutos sobre tema de sua escolha. Ex.: sobre eventos ocorridos nos dias anteriores.

ANEXO D

ESCALAS DE MEDIDA DE SONOLÊNCIA E FADIGA E ANAMNESE

ESCALA DE FADIGA DE SAMN-PERELLI FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO		
Nome:		Nº Registro ANAC:
Nº Coleta:	Data / Hora da Coleta:	A coleta está sendo realizada em um: <input type="checkbox"/> Dia de folga <input type="checkbox"/> Dia de trabalho
Assinale a sentença que descreve como você está se sentindo nesse exato momento :		
Opção	Descrição	
	1. Totalmente alerta, bem desperto, extremamente disposto	
	2. Muito ativo, responsivo, mas não em nível máximo	
	3. Bem, relativamente revigorado	
	4. Um pouco cansado, não totalmente disposto	
	5. Moderadamente cansado, enfraquecido	
	6. Muito cansado, com dificuldade de concentração	
	7. Completamente exausto, incapaz de trabalhar efetivamente	

ESCALA DE SONOLÊNCIA DE EPWORTH FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO				
Nome:			Nº Registro ANAC:	
Nº Coleta:	Data / Hora da Coleta:	A coleta está sendo realizada em um: <input type="checkbox"/> Dia de folga <input type="checkbox"/> Dia de trabalho		
Qual a probabilidade de você cochilar ou adormecer - e não apenas se sentir cansado - durante as seguintes situações? Esta pesquisa refere-se ao seu modo de vida atual. POR FAVOR, MARQUE UMA CAIXA EM CADA LINHA.				
1. Nunca cochilaria 2. Pequena chance 3. Chance moderada 4. Alta chance				
Descrição	Chance de cochilar			
	1	2	3	4
1. Sentado e lendo				
2. Vendo TV				
3. Sentado em lugar público, sem atividade (sala de espera, cinema, reunião)				
4. Como passageiro de trem, carro ou ônibus andando uma hora sem parar				
5. Deitado para descansar à tarde, quando as circunstâncias permitem				
6. Sentado e conversando com alguém				
7. Sentado, calmamente, após almoço sem álcool				
8. Se estiver no carro, enquanto pára por alguns minutos no trânsito intenso				

QUESTIONÁRIO DA PESQUISA FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO		
Nome:		Nº Registro ANAC:
Nº Coleta:	Data / Hora da Coleta:	A coleta está sendo realizada em um: <input type="checkbox"/> Dia de folga <input type="checkbox"/> Dia de trabalho
HISTÓRICO DO SONO		
Informe os horários que você dormiu e acordou nas três últimas principais oportunidades que você teve (hora local de sua base).		
Última oportunidade de sono		
Dia da Semana:	A que horas você dormiu?	A que horas você acordou?
Qual foi a qualidade do seu sono? <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim		
Penúltima oportunidade de sono		
Dia da Semana:	A que horas você dormiu?	A que horas você acordou?
Qual foi a qualidade do seu sono? <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim		
Antepenúltima oportunidade de sono		
Dia da Semana:	A que horas você dormiu?	A que horas você acordou?
Qual foi a qualidade do seu sono? <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim		
QUESTIONÁRIO		
1. Qual o horário na primeira coleta no dia de trabalho?		
2. Qual a classificação de sua empresa		
3. Tipo de aeronave		
4. Função		
5. Idade		
6. Escolaridade		
7. Modelo e marca do celular usado para gravar o áudio		
8. Tipo de tripulação		
9. Quantos dias de programação?		
ATIVIDADE FÍSICA		
Você pratica atividade física? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Se sim, com que frequência? (por semana) <input type="checkbox"/> 1 a 2 dias <input type="checkbox"/> 3 a 5 dias <input type="checkbox"/> 6 a 7 dias		
Praticou no dia da coleta? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Fez uso das seguintes substâncias estimulantes no dia da coleta? (mais de uma opção pode ser marcada)		
<input type="checkbox"/>	Cafeína	<input type="checkbox"/> Chocolate
<input type="checkbox"/>	Energéticos	
<input type="checkbox"/>	Outras substâncias estimulantes. Informe as substâncias: _____	

ESCALA DE SONOLÊNCIA DE KAROLINSKA FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO		
Nome:		Nº Registro ANAC:
Nº Coleta:	Data / Hora da Coleta:	A coleta está sendo realizada em um: <input type="checkbox"/> Dia de folga <input type="checkbox"/> Dia de trabalho
<p>Como estou me sentindo agora? Pode-se marcar qualquer um dos valores de 1 a 9 (não apenas aquele que apresentem descrições), sendo que os que estão sem descrição são estágios intermediários.</p>		
Opção	Descrição	
	1. Extremamente alerta.	
	2.	
	3. Alerta	
	4.	
	5. Nem sonolento, nem alerta.	
	6.	
	7. Sonolento, mas sem dificuldade para permanecer acordado.	
	8.	
	9. Extremamente sonolento, lutando contra o sono.	

ESCALA DE FADIGA DE YOSHITAKE FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO		
Nome:		Nº Registro ANAC:
Nº Coleta:	Data / Hora da Coleta:	A coleta está sendo realizada em um: <input type="checkbox"/> Dia de folga <input type="checkbox"/> Dia de trabalho

Qual nota você dá para os seguintes sintomas? Esta pesquisa se refere ao seu modo de vida atual.

- ✓ **Nunca**
- ✓ **Raramente**
- ✓ **Às vezes**
- ✓ **Muitas vezes**
- ✓ **Sempre**

SONOLÊNCIA

ORDEM	SINTOMA	NUNCA	RARAMENTE	ÀS VEZES	MUITAS VEZES	SEMPRE
1.	Sinto a cabeça pesada					
2.	Sinto moleza no corpo					
3.	Sinto moleza nas pernas					
4.	Tenho vontade de bocejar durante o trabalho					
5.	As minhas idéias não são claras					
6.	Estou com sonolência					

7.	Sinto os olhos cansados					
8.	Tenho dificuldade em me movimentar					
9.	Tenho dificuldades em me manter em pé					
10.	Eu gostaria de ir me deitar um pouco (durante o horário de trabalho)					

CONCENTRAÇÃO

ORDEM	SINTOMA	NUNCA	RARAMETNE	ÀS VEZES	MUITAS VEZES	SEMPRE
1.	Preciso me concentrar mais					
2.	Não tenho vontade de falar com ninguém no trabalho					
3.	Fico irritado (a) facilmente					
4.	Não consigo me concentrar bem					
5.	Tenho que pensar outras coisas além do meu trabalho					
6.	Minha memória não está boa para o trabalho					
7.	Cometo pequenos erros no meu trabalho					
8.	Tenho outras preocupações fora meu trabalho					
9.	Eu gostaria de estar em boa forma física para o meu trabalho, mas não me sinto em condições					
10.	Não posso mais continuar a trabalhar, embora tenha que prosseguir					

PSICOSSOMÁTICOS

ORDEM	SINTOMA	NUNCA	RARAMETNE	ÀS VEZES	MUITAS VEZES	SEMPRE
1.	Sinto dor de cabeça					
2.	Ombros pesados					
3.	Dores nas costas					
4.	Dificuldades em respirar					
5.	Boca seca					
6.	Voz rouca					
7.	Tonturas					

8.	Tremores nas pálpebras					
9.	Tremores nos membros (braços e pernas)					
10.	Sinto-me doente					

APÊNDICE

Elencamos, a seguir, a Análise Perceptivo-Auditiva da Voz - item 1 - e as Análises Acústicas da Fala (medidas de organização temporal do discurso, incluindo as pausas silenciosas e preenchidas) no item 2.



1 - AVALIAÇÃO GLOBAL DA VOZ PERICIADA

Quadro 32 - Avaliação do Comportamento Vocal no dia anterior ao acidente
12/08/2014

ELEMENTOS DO PADRÃO VOCAL APRESENTADO	CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE VOCAL ANALISADA	DEFINIÇÕES
TIPO DE VOZ	Tipo de voz principal: Fluida com contribuições marginais de qualidade levemente soprosa;	Apresenta contração glótica intermediária entre voz neutra e soprosa. Emissão fluida e tendência à frequência fundamental grave Variação melódica adequada
Sistema de ressonância	Nasalidade mista com foco de ressonância equilibrada	Não apresenta concentração excessiva de energia em nenhuma região específica do aparelho fonador com riqueza de harmônicos amplificados na voz
Emissão de sons na fala	Ataque vocal isocrônico: Fase expiratória da respiração coincide com o início da vibração da mucosa das pregas vocais	Diversas consoantes fricativas e plosivas apresentam uma coaptação sem perda de ar ou excesso de tensão das pregas vocais
Extensão vocal da voz falada	Registro modal médio Apresenta momentos de equilíbrio da extensão vocal	Registro modal de peito (80 a 560Hz - literatura) Tessitura variando numa faixa equilibrada nas frequências mais graves com gama tonal normal

Sensação psicofísica	Pitch, Loudness e velocidade	Pitch (grave); Loudness (intensidade equilibrada); velocidade (levemente diminuída)
Articulação e Pronúncia	Adequado no momento do diálogo	Presença de repetições; trocas ausentes
Ritmo e Velocidade	Adequado	Ritmo regular com velocidade adequada
Ciclos respiratórios	Adequado	Ciclos respiratórios regulares sem quebra da estrutura frasal; Pausas em posições adequadas do discurso.

AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA ESCALA GRBASI

(*Grade, Roughness, Breathiness, Asteny, Strain and instability*)

G - *grade*: Impressão global causada por determinada voz

R - *roughness*: Rugosidade - engloba conceito de rouquidão, crepitação, bitonalidade e aspereza.

B - *breathiness*: soprosidade - indica turbulência de ar audível e escape de ar na voz.

A - *asteny*: Astenia - está relacionada com fraqueza vocal, perda de potência e energia vocal reduzida.

S - *strain*: tensão - indica a impressão de estado hiperfuncional na emissão vocal.

I - *instability*: instabilidade - indica flutuação na frequência fundamental ou na qualidade vocal.

GRAU DE DESVIO VOCAL:

ESCALA DE 04 PONTOS: "0" (SEM DESVIO)
"1" (DESVIO DISCRETO)
"2" (DESVIO MODERADO)
"3" (DESVIO INTENSO)

HIRANO (1981) e DEJONCKERE e LEBACK (1996).

Conclusão da avaliação perceptivo-auditiva:

Escala GRBASI – **G1** (G-1 R-0 B-1 A-0 S-0 I-1).

Quadro 33 - Avaliação do Comportamento Vocal no dia do acidente 13/08/2014

ELEMENTOS DO PADRÃO VOCAL APRESENTADO	CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE VOCAL APRESENTADA	DEFINIÇÕES
TIPO DE VOZ	<p>Tipo de voz principal Rouca com contribuições marginais de qualidade Soprosa, Monótona (destimbrada) e crepitante. Aspectos marginais com registro de Soprosidade:</p> <p>Crepitação:</p> <p>Qualidade destimbrada</p>	<p>É a qualidade vocal do tipo ruidosa com Frequência e intensidade diminuídas; Escape de ar não sonorizado na fala espontânea com registros em vários pontos da fala no vocal fry;</p> <p>Uso do registro basal ou pulsátil presentes em momentos alternados no início, meio e final das frases;</p> <p>Pouca variação melódica com aspecto de voz branca.</p>
Sistema de ressonância	Nasalidade mista com foco de ressonância laringo-faríngeo baixo	Uso em maior tempo de foco vertical baixo: Concentração de energia baixa laringo-faríngea.
Características da emissão de sons na fala	<p>Ataque vocal aspirado</p> <p>Instabilidade da emissão</p>	<p>Várias consoantes fricativas e plosivas apresentam uma coaptação insuficiente das pregas vocais;</p> <p>Modificações globais na qualidade vocal.</p>
Extensão vocal da voz falada	<p>Registro modal grave: (apresenta tons mais graves)</p> <p>Apresenta em vários momentos limitação da extensão vocal:</p>	<p>Registro modal de peito (80 a 560Hz).</p> <p>Registro basal (10 a 70 Hz): Tessitura variando numa faixa limitada nas frequências mais graves chegando a ouvir pulsos de vibração audíveis em vários momentos.</p>
Sensação psicofísica	Pitch, Loudness e	Pitch (grave); Loudness

	velocidade	(intensidade reduzida); velocidade (diminuída)
Articulação e Pronúncia	Alterados em vários momentos do diálogo	Omissões; desnazalização; substituição; repetições; trocas
Ritmo e Velocidade	Alterados	Ritmo irregular com velocidade lenta
Ciclos respiratórios	Alterados	Ciclos respiratórios irregulares com quebra da estrutura frasal; Pausas em posições inadequadas do discurso.

Conclusão da avaliação perceptivo-auditiva:

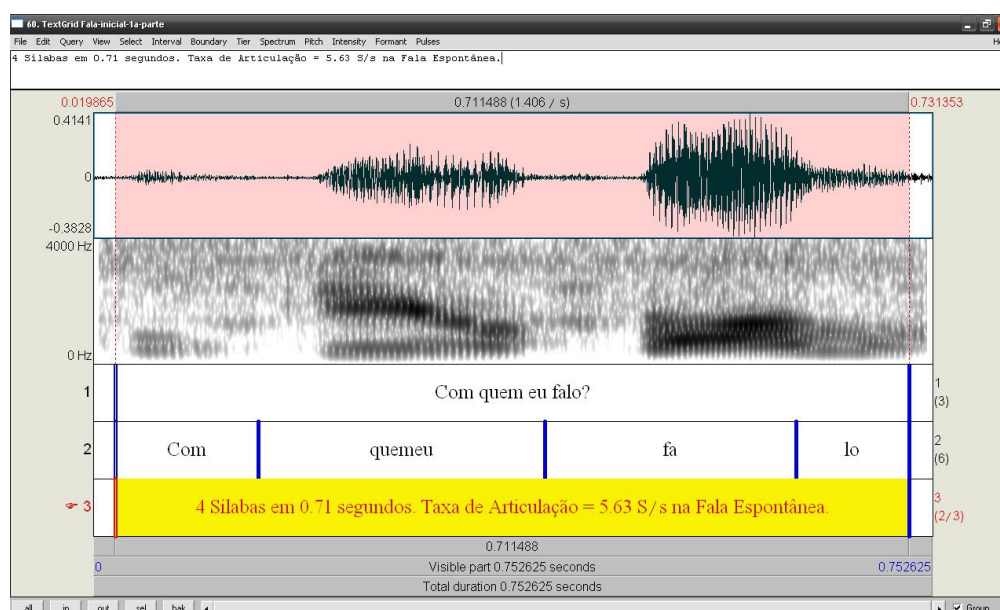
Escala GRBASI – G2 (G-2 R-2 B-1 A-1 S-0 I-2).



2 - ANÁLISE ACÚSTICA DA FALA – ORGANIZAÇÃO TEMPORAL DO DISCURSO

A numeração das figuras e quadros deste item segue a mesma numeração dos arquivos de áudio utilizados para as análises.

Análises acústicas - dia anterior ao acidente

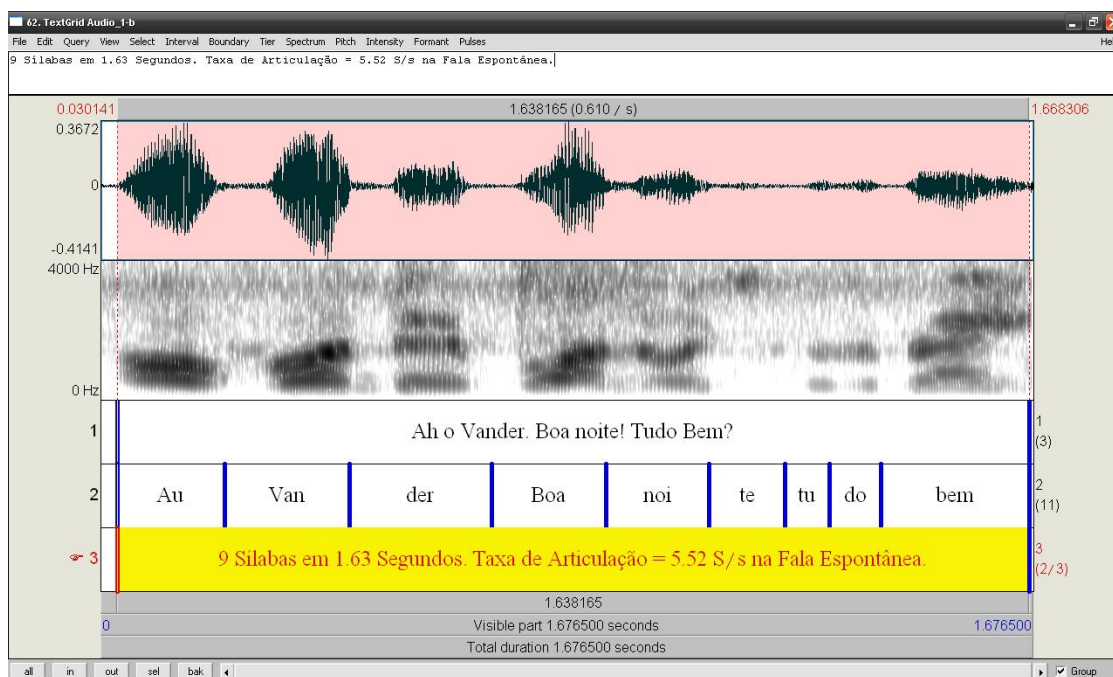


1.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

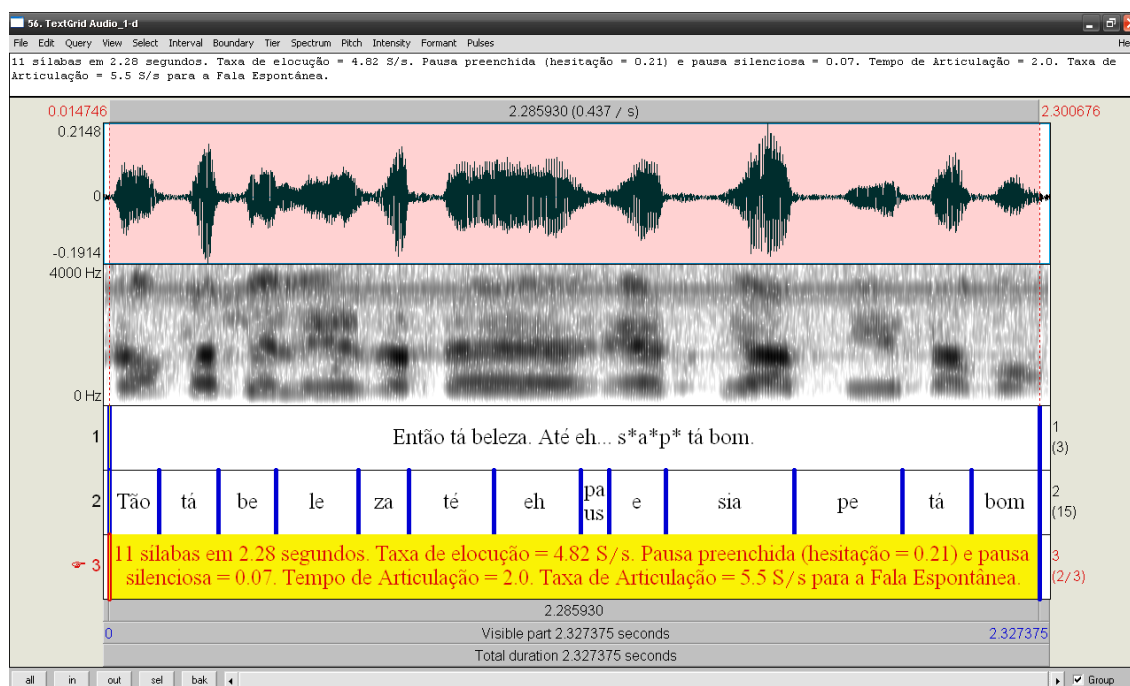


1.b- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

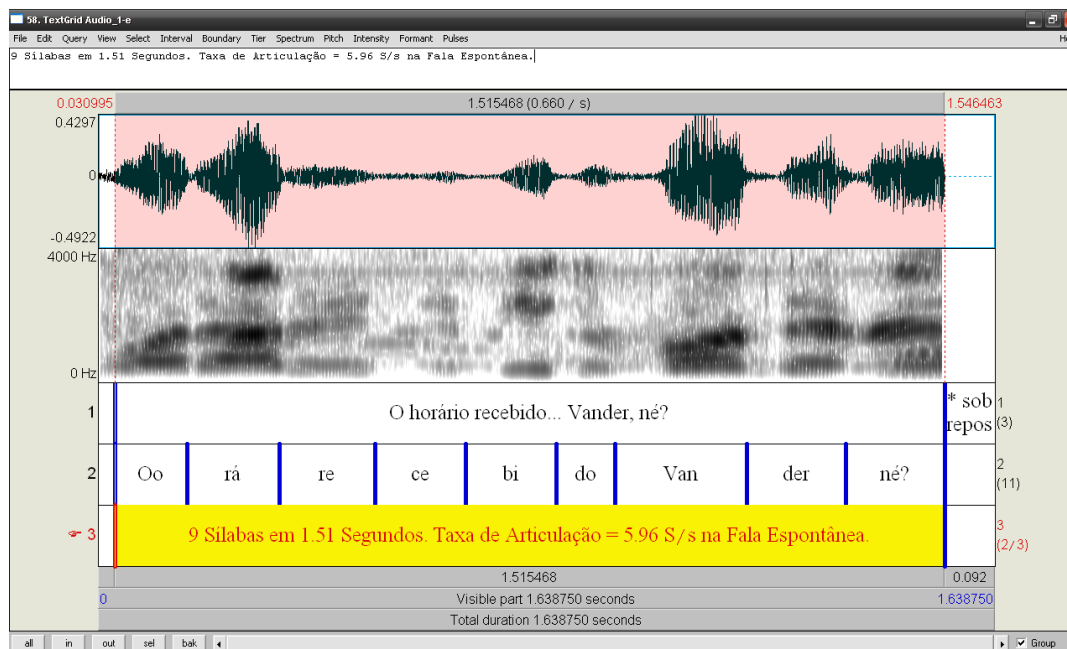


1.d- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
18,18%	0%

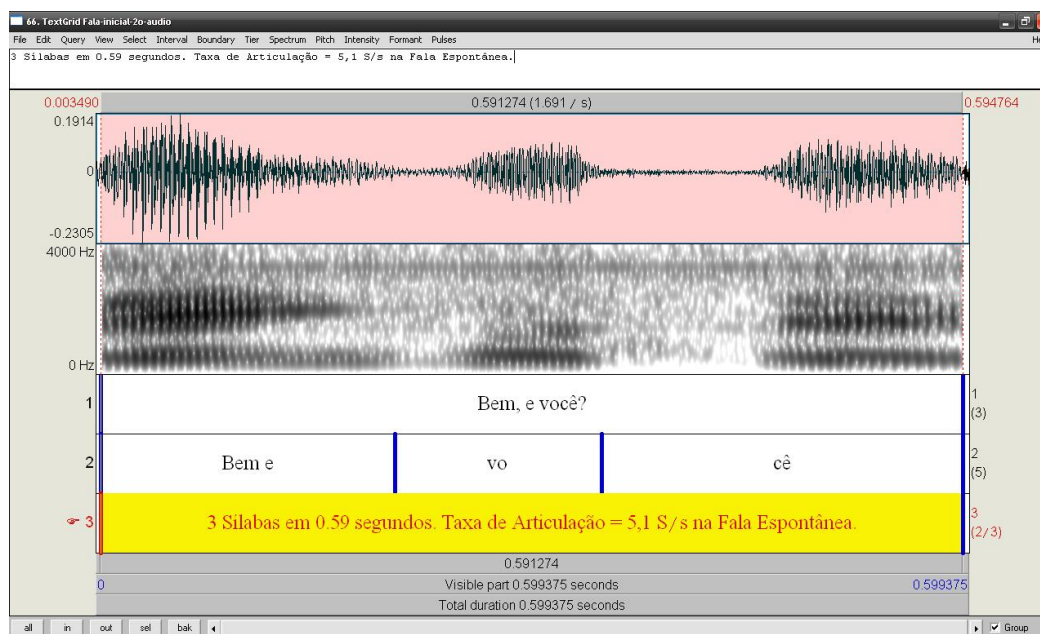


1.e- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

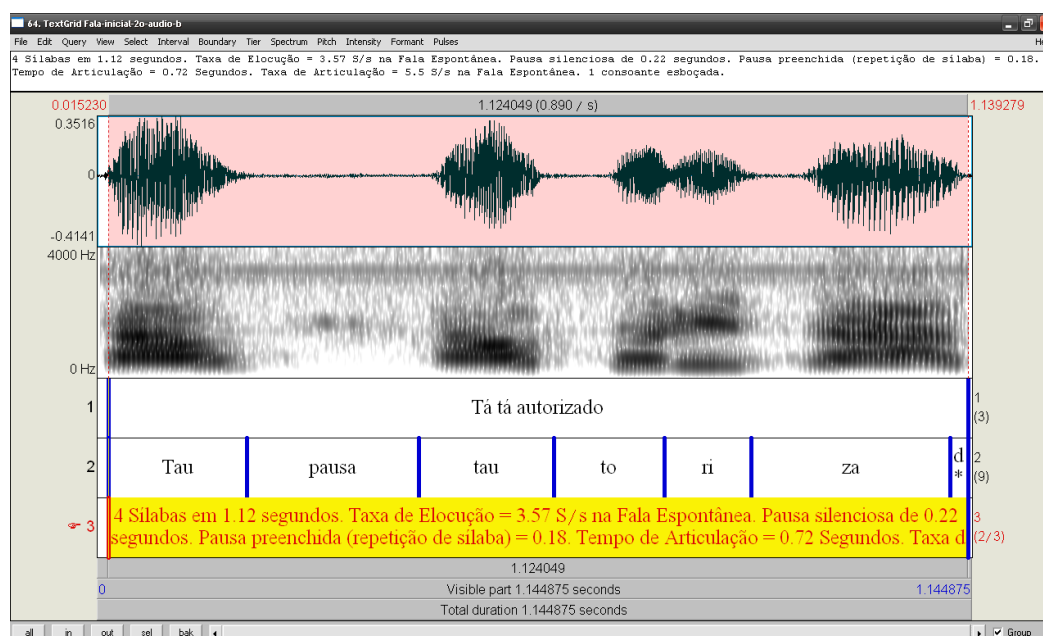


2.a- Tipologia das rupturas da segunda transcrição analisada:

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

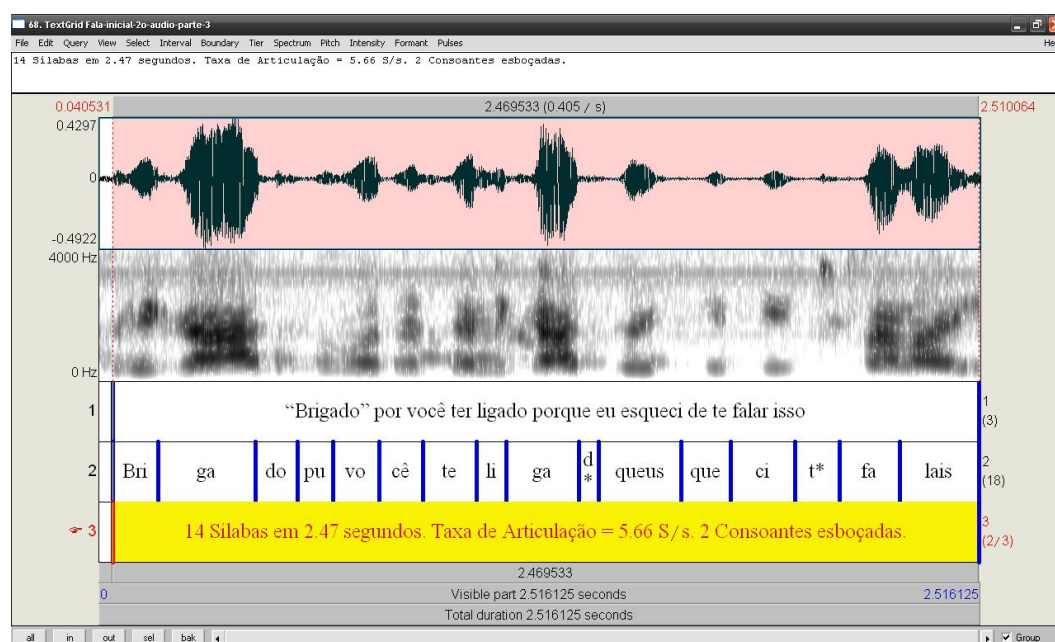


2.b- Tipologia das rupturas da segunda transcrição analisada:

Perfil da Fluência desconsiderado por ter sido interrompido pelo interlocutor durante o diálogo.

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	1	Repetição de sílabas	1
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	1	Total	1

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
50%	25%



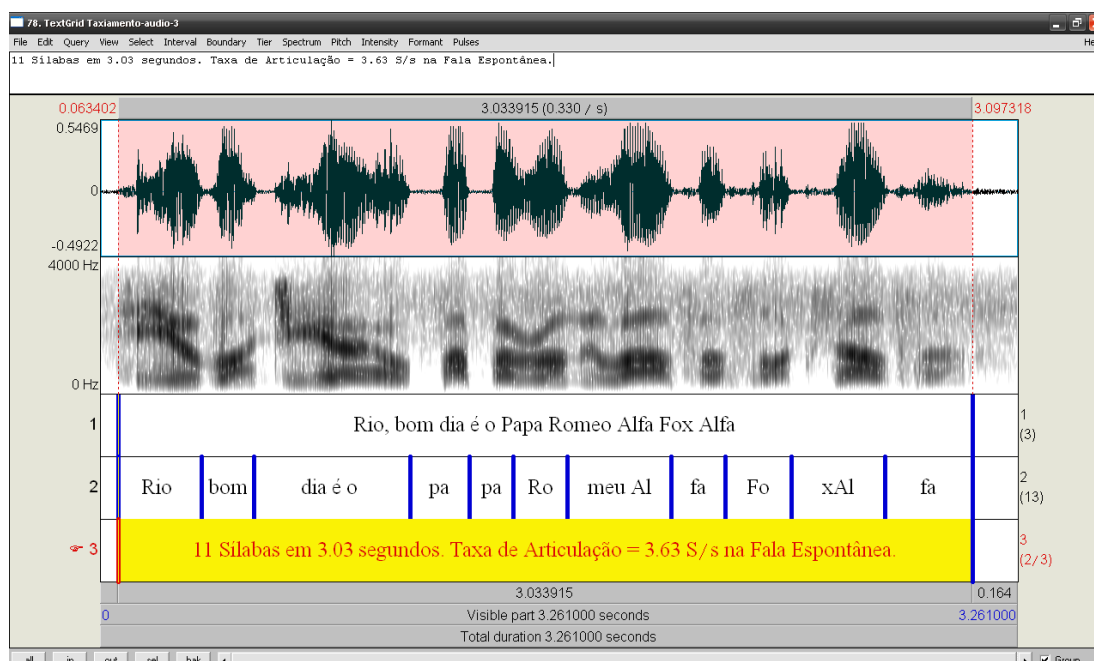
2.c- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

Análises acústicas - dia do acidente

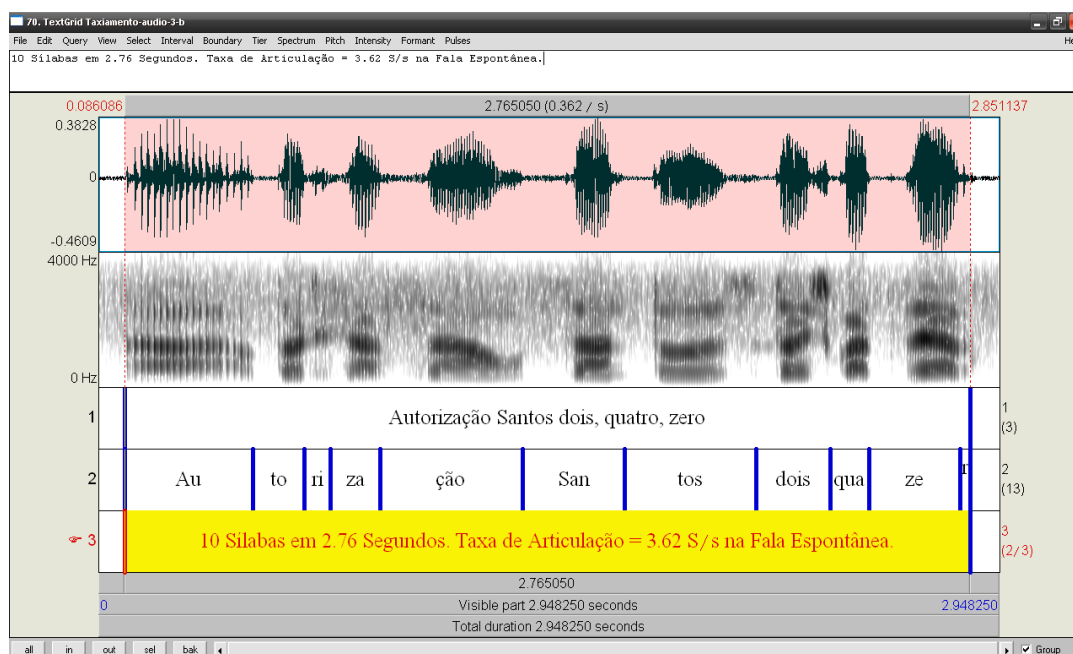


3.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
18,18%	0%

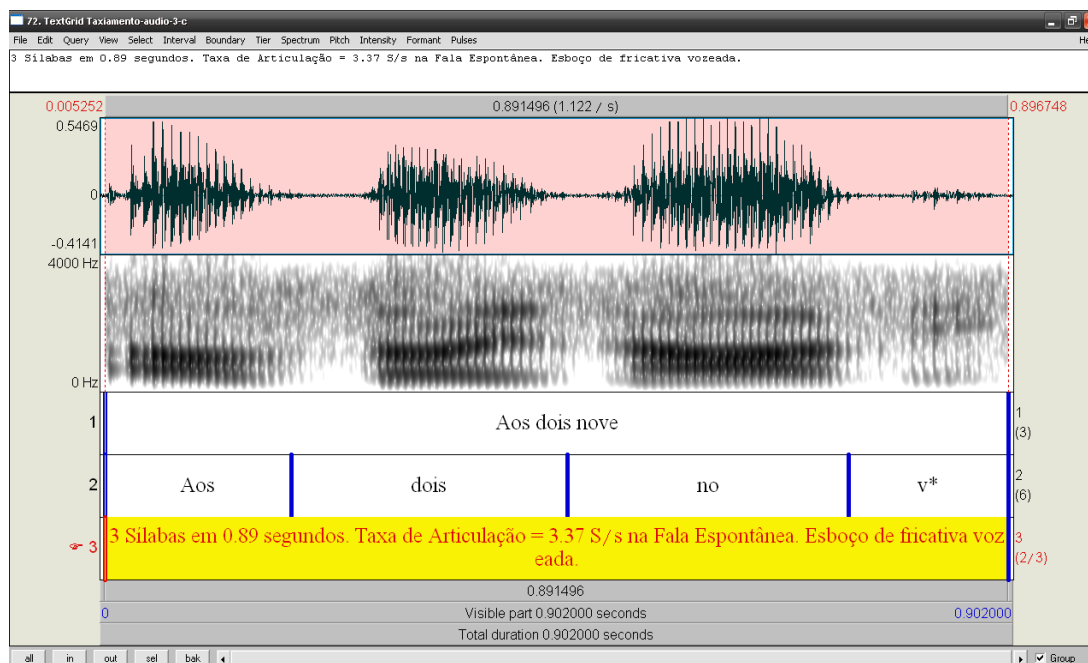


3.b- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
20%	0%

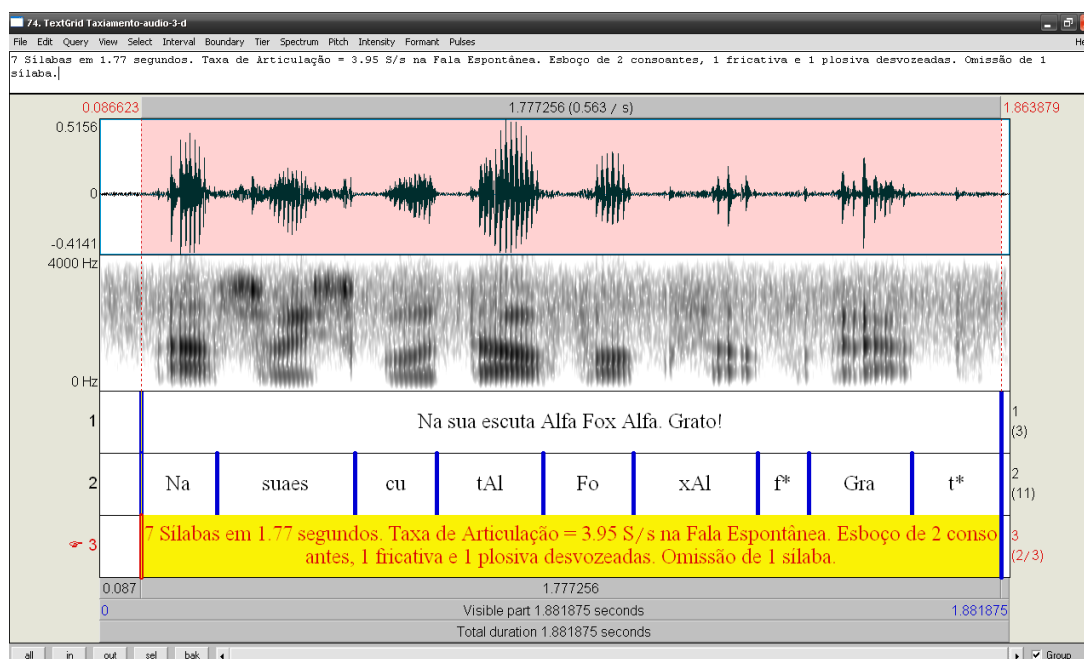


3.c- Tipologia das rupturas da segunda transcrição analisada:

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	1	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	1	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
33,3%	0%

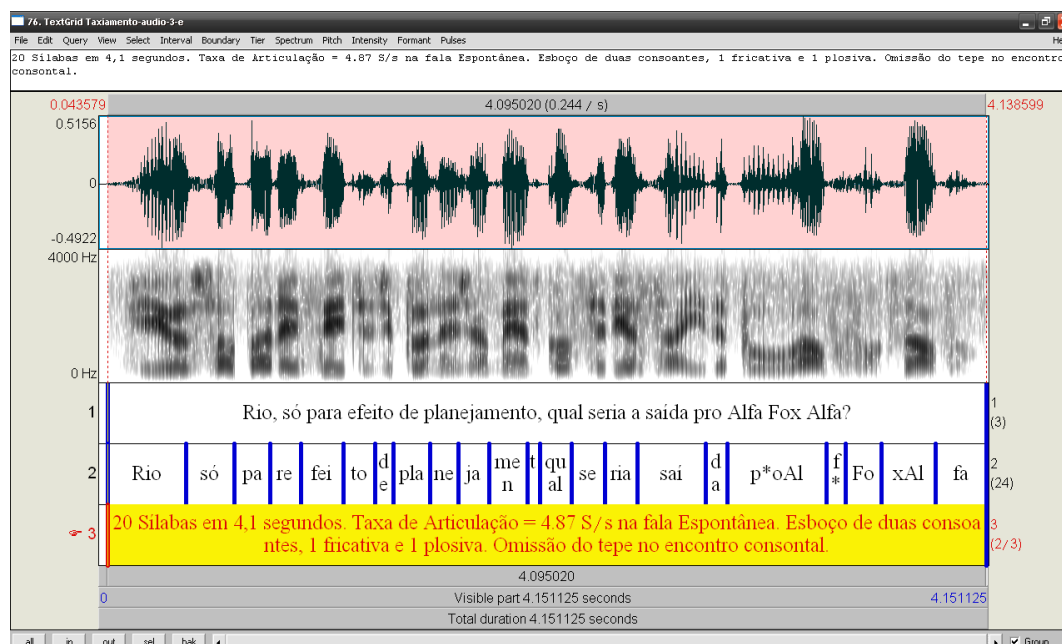


3.d- Tipologia das rupturas:

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
28,5%	0%

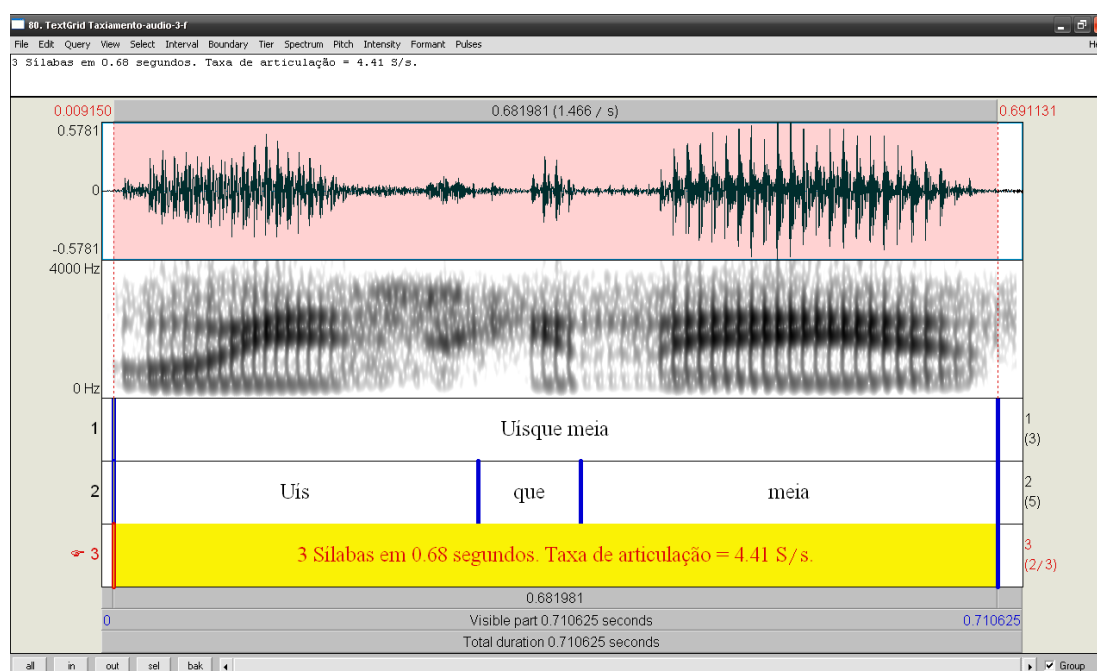


3.e- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
10%	0%

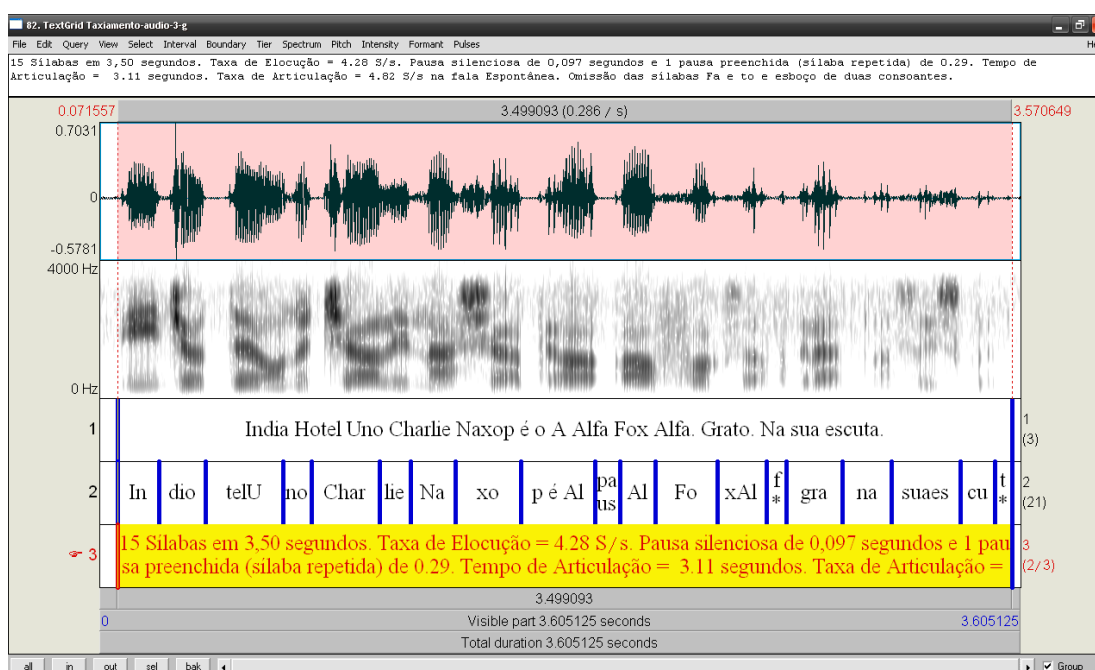


3.f- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

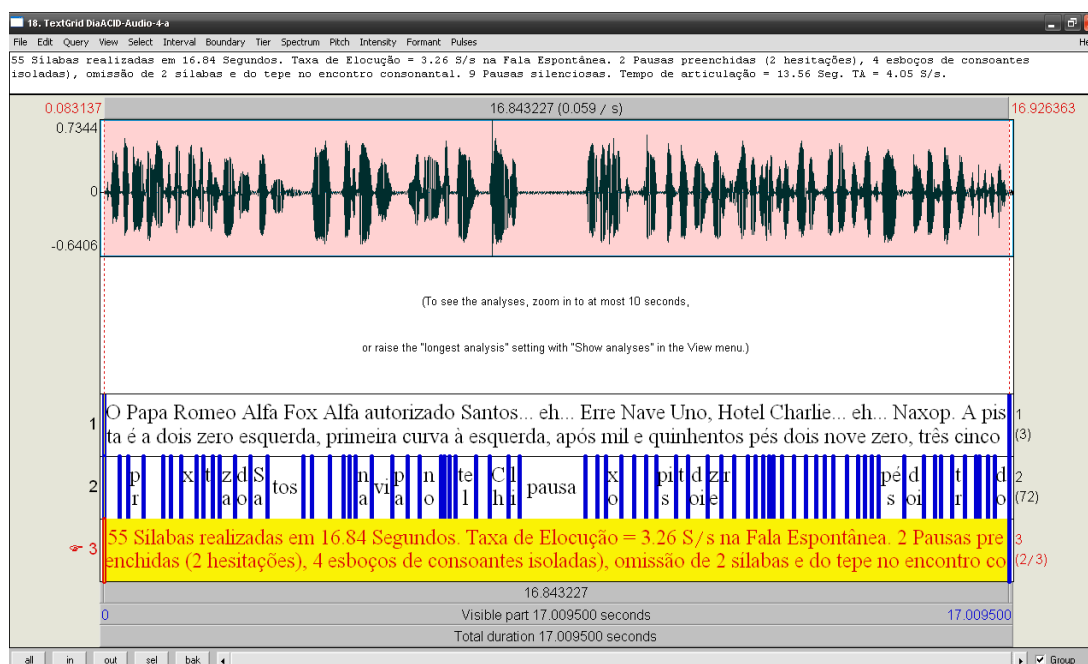


3. G - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	3	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
20%	0%

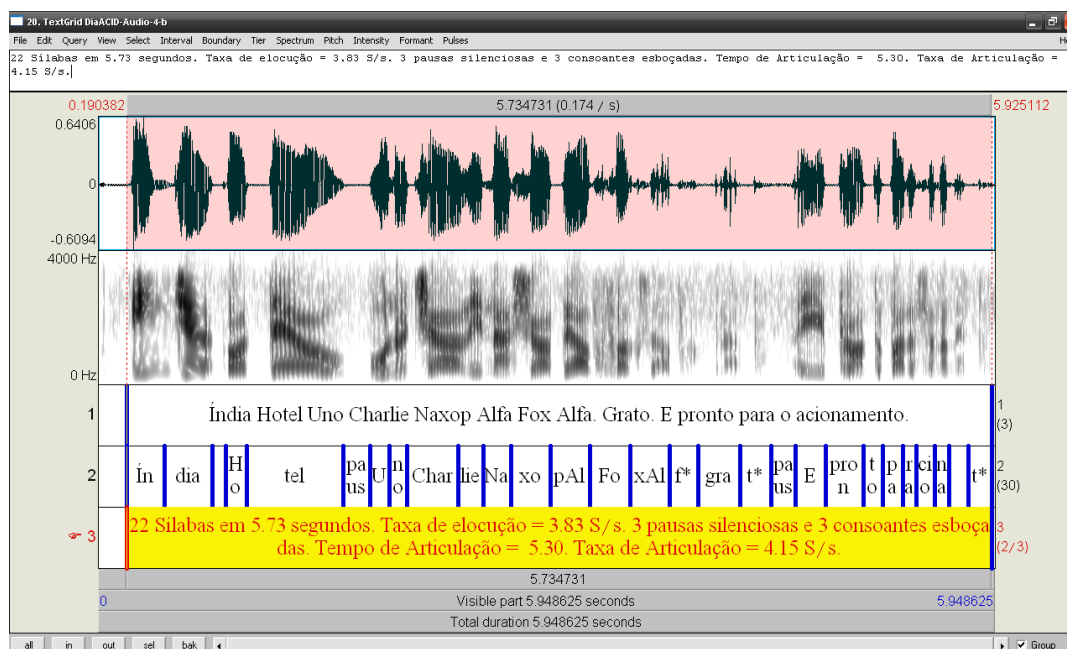


4.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	17	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	17	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
30,9%	0%

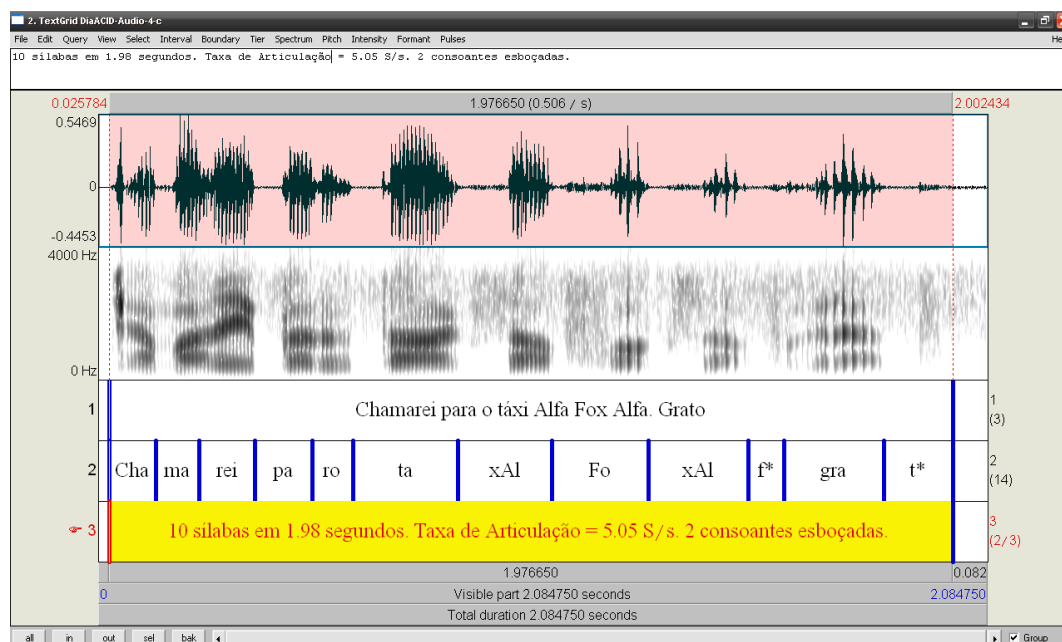


4b- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	5	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	5	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
22,7%	0%

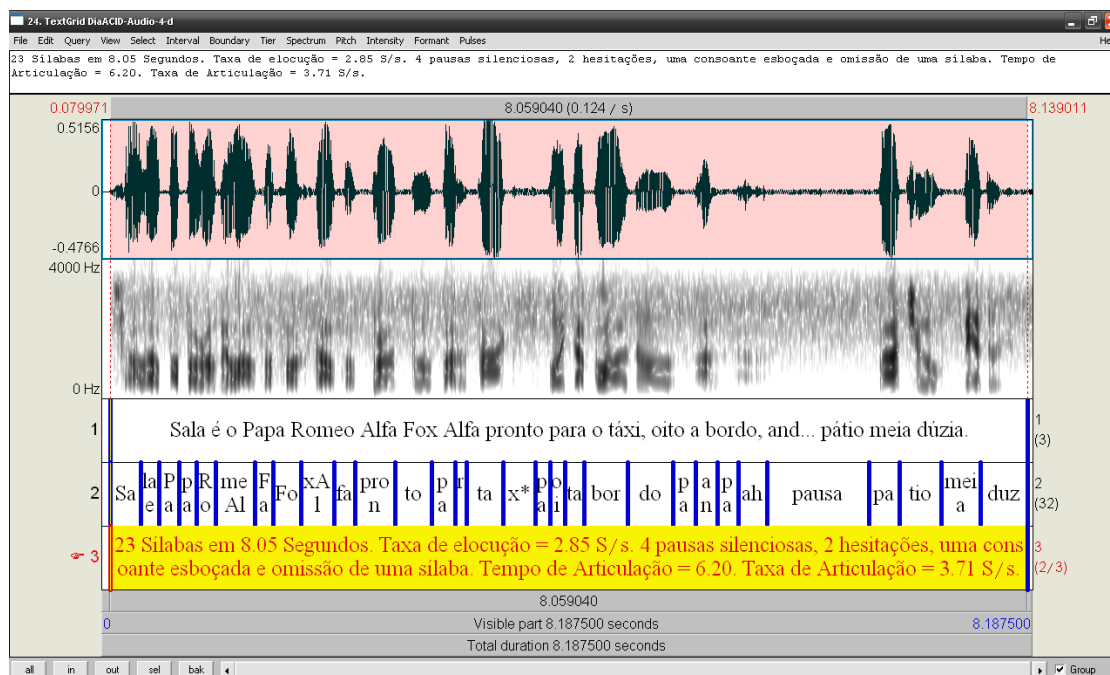


4c- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

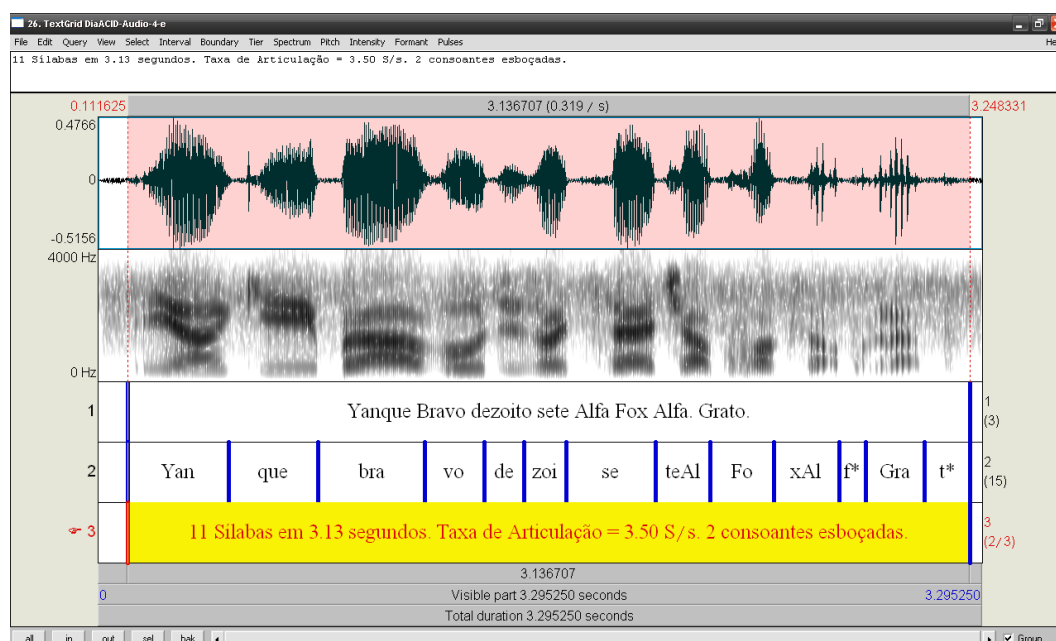


4 D- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	10	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	10	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
43,47%	0%

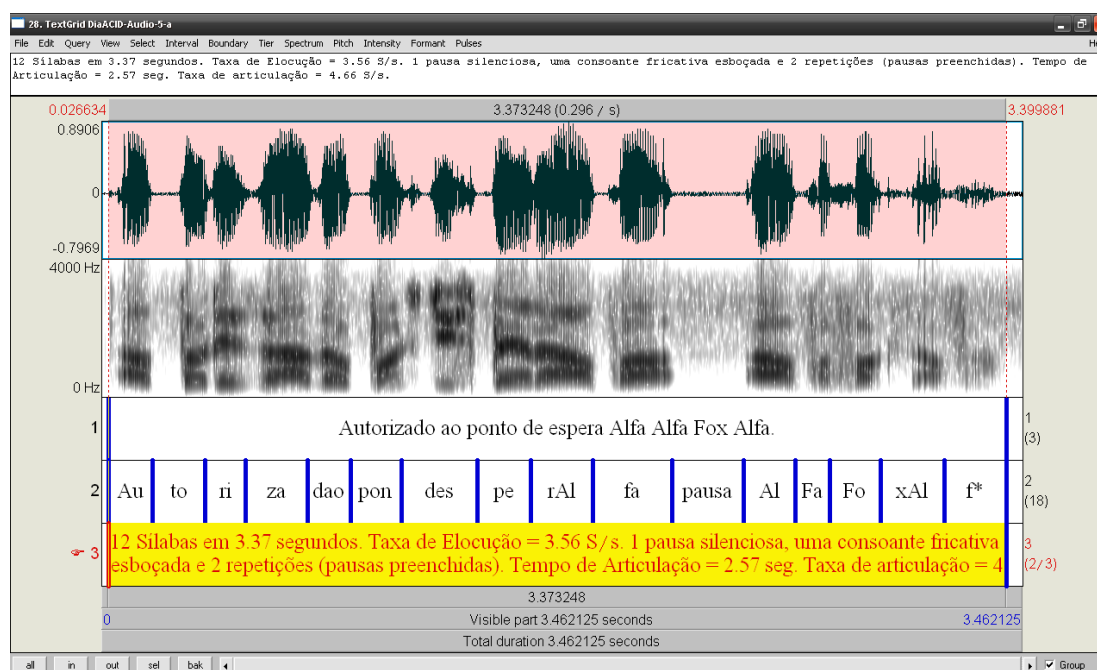


4e- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	3	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
27,27%	0%

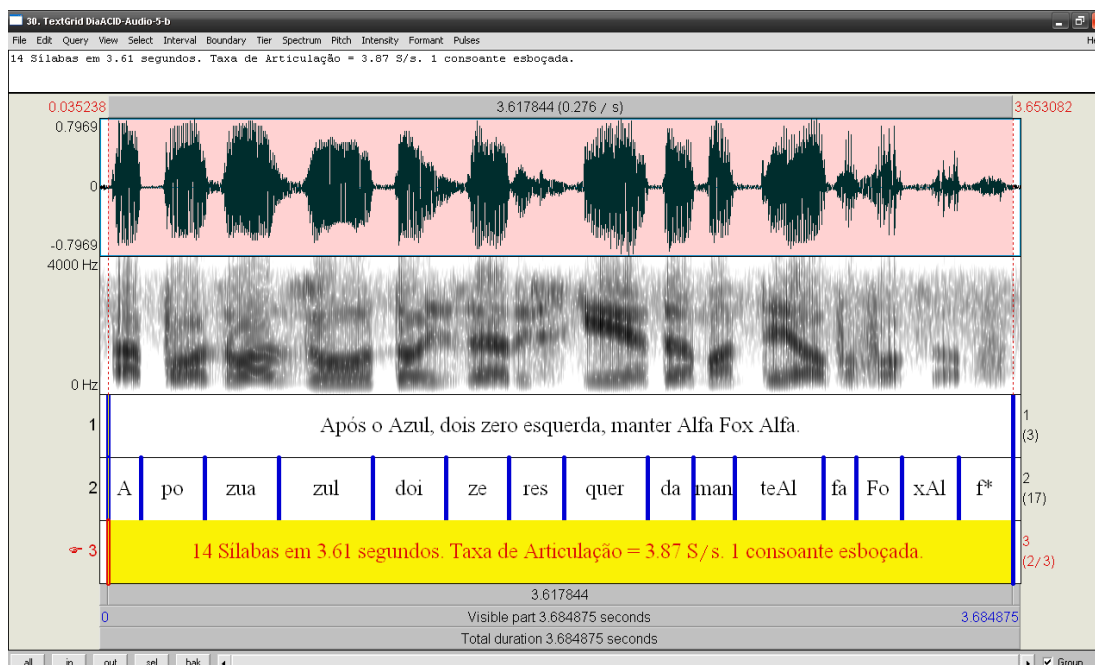


5.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	2
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		
Total	2	Total	2

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
33,3%	16,6%

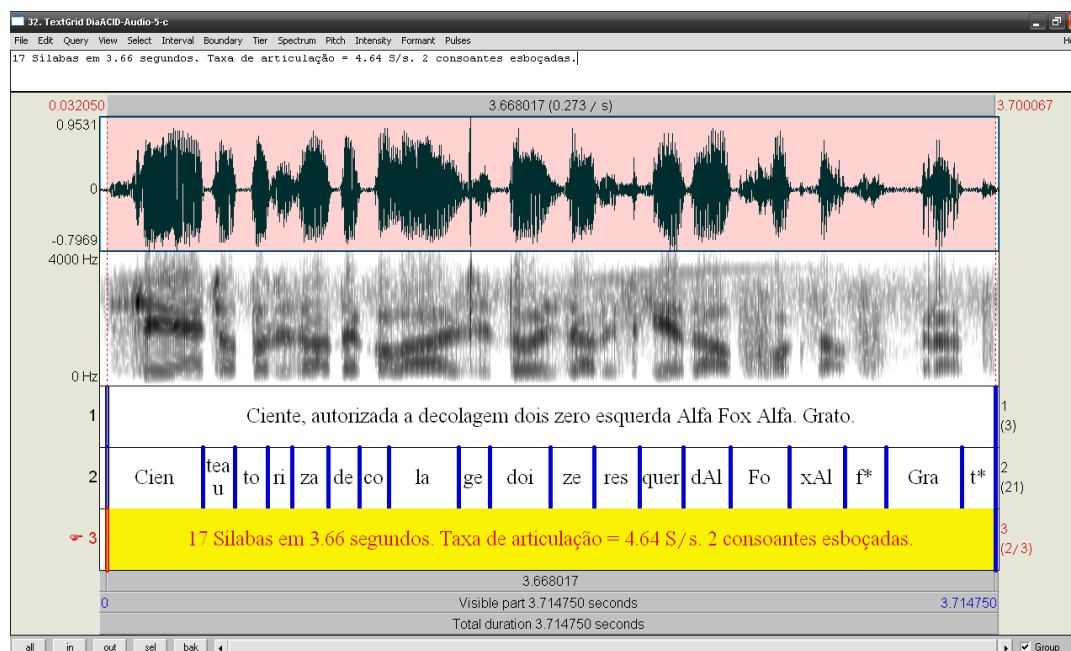


5.b- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
28,57%	0%

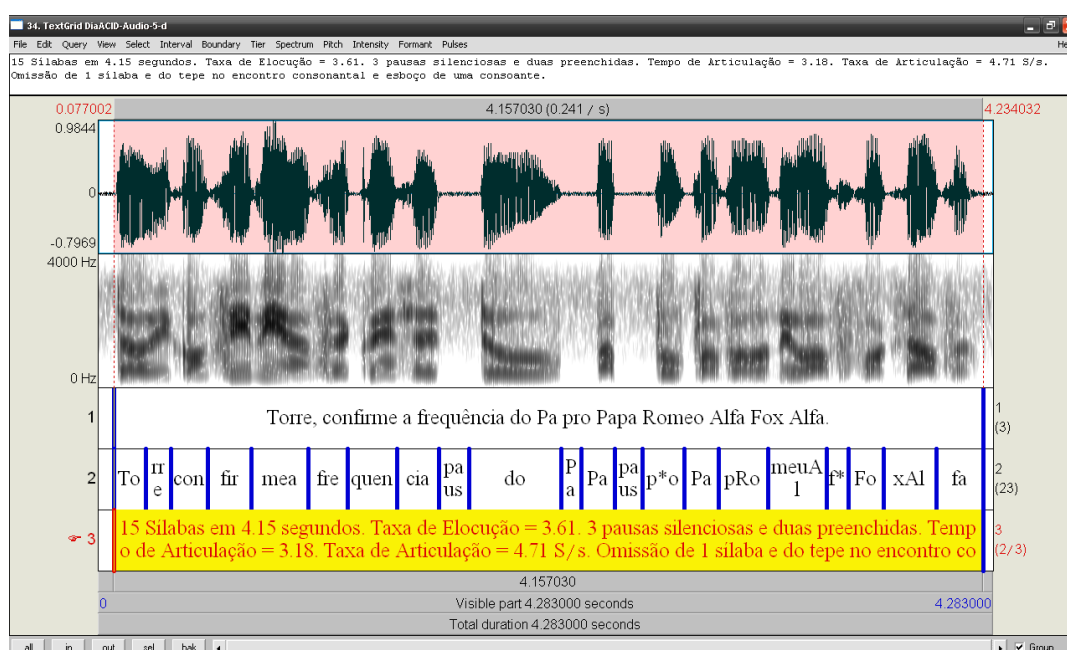


5.c- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
11,76%	0%

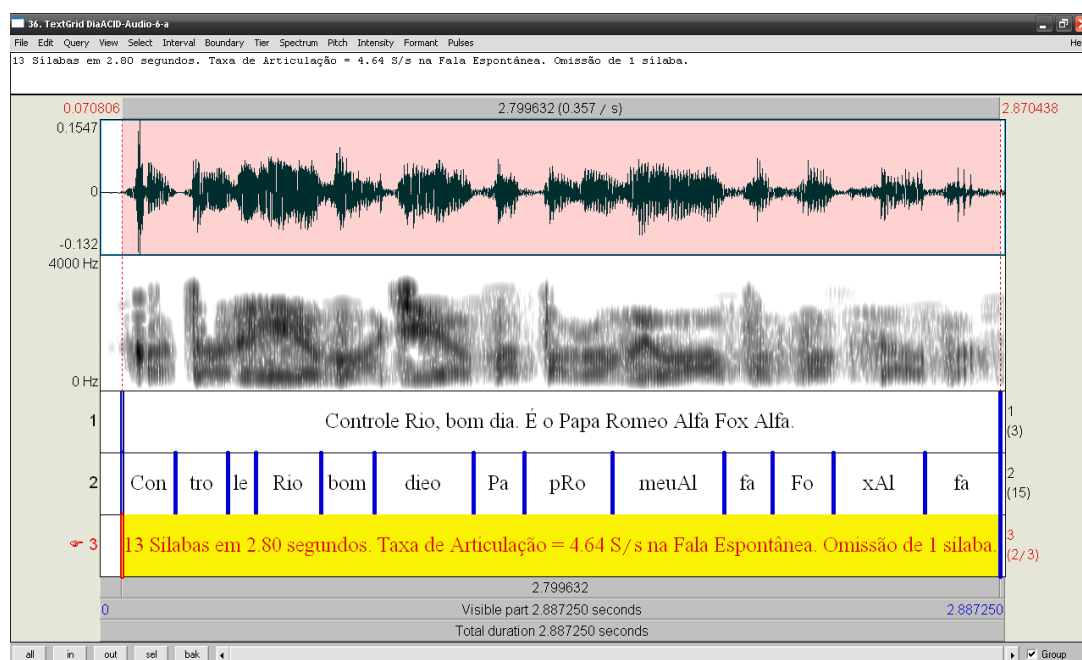


5.d- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	7	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	7	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
46,66%	0%

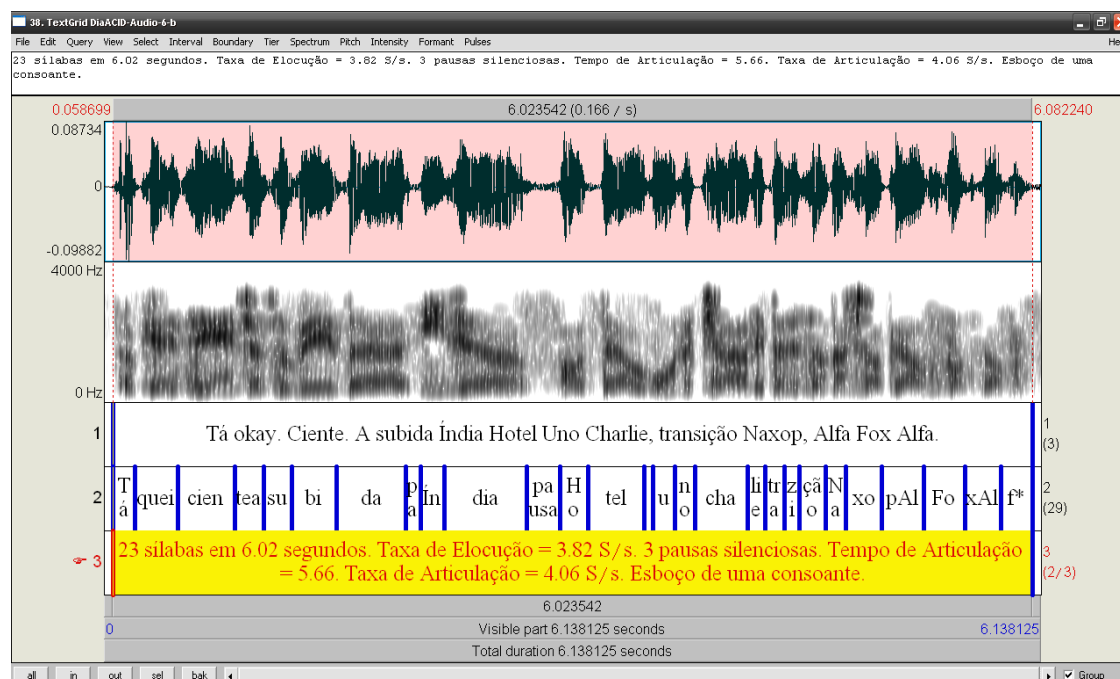


6.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

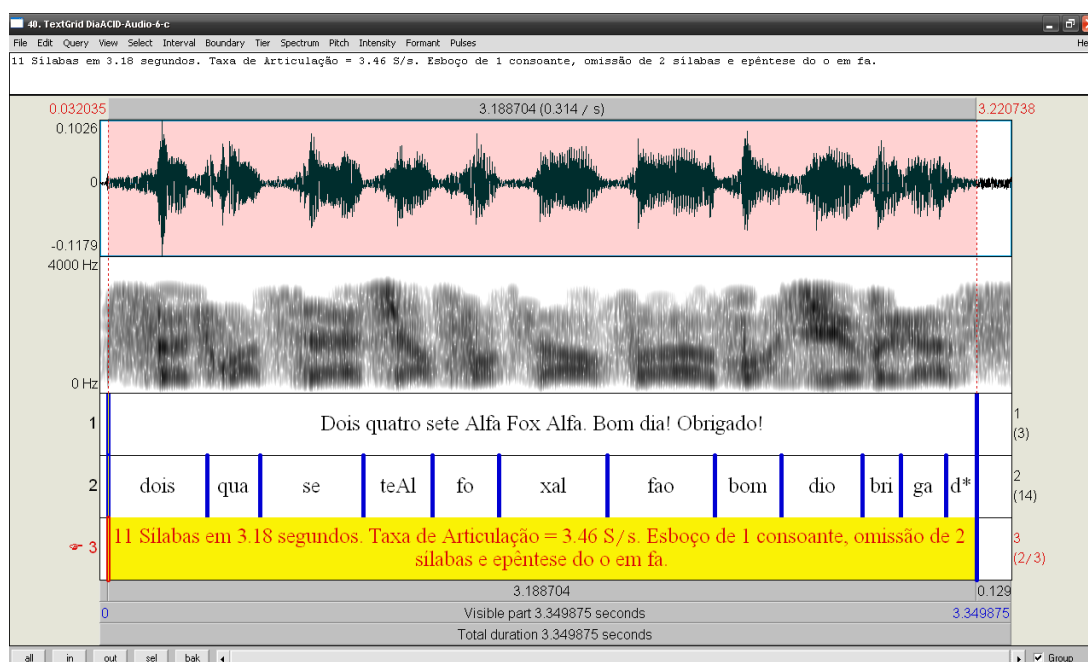


6.b- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	6	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	6	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
26,08%	0%

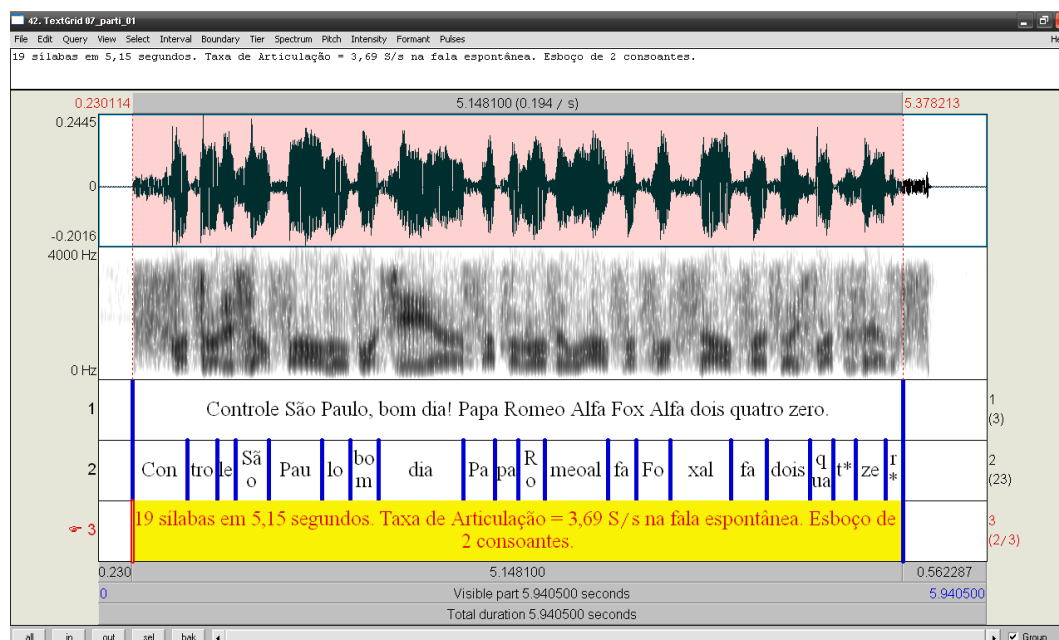


6.c- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	3
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	1
Repetição de frases	0		0
Total	3	Total	1

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
36,36%	9,09%

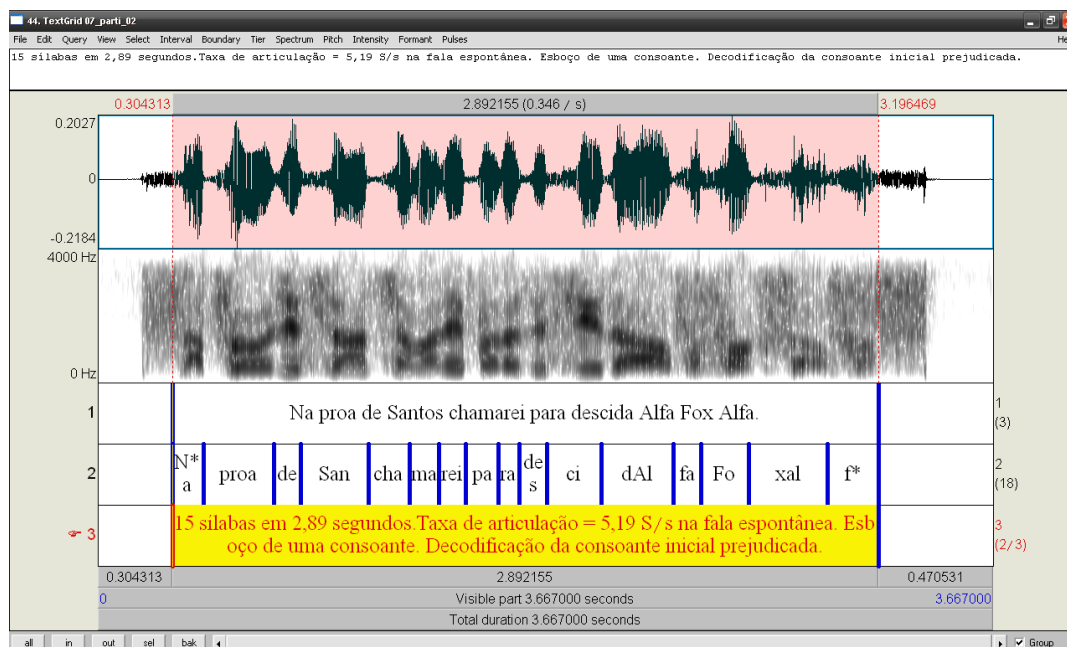


7.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	3	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
15.78%	0%

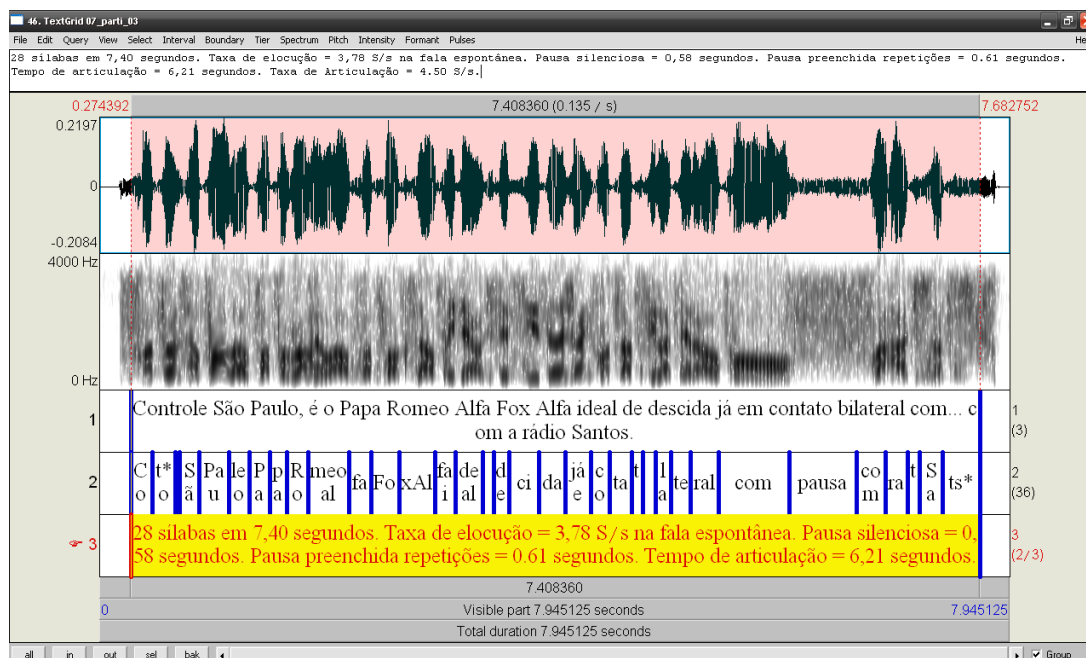


7.b- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	0	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	0	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
0%	0%

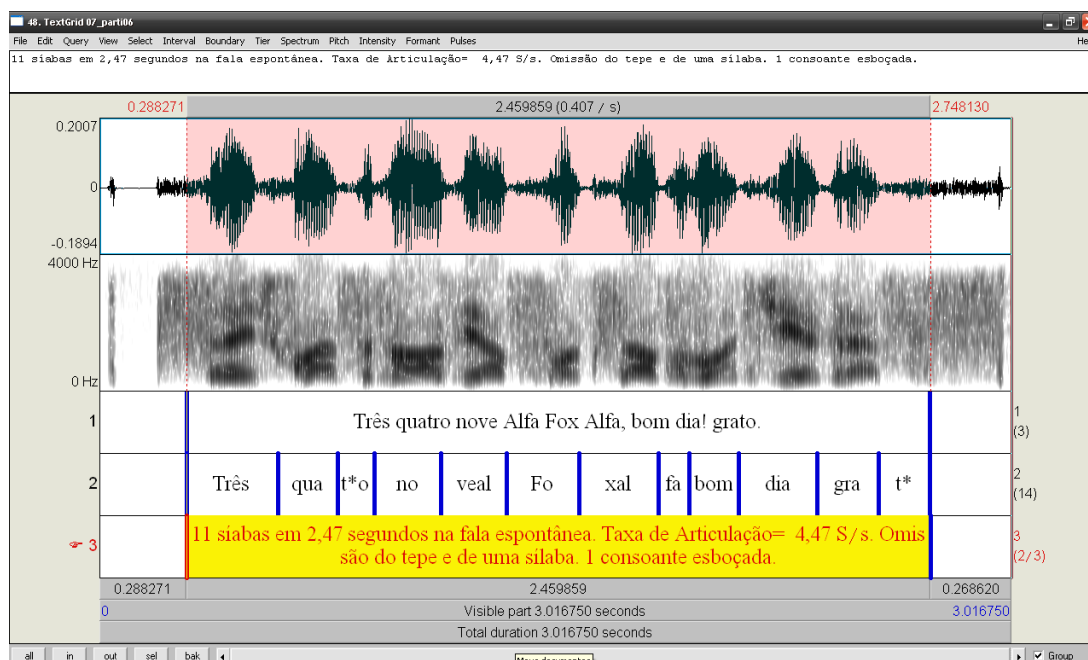


7.c- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
7.14%	0%

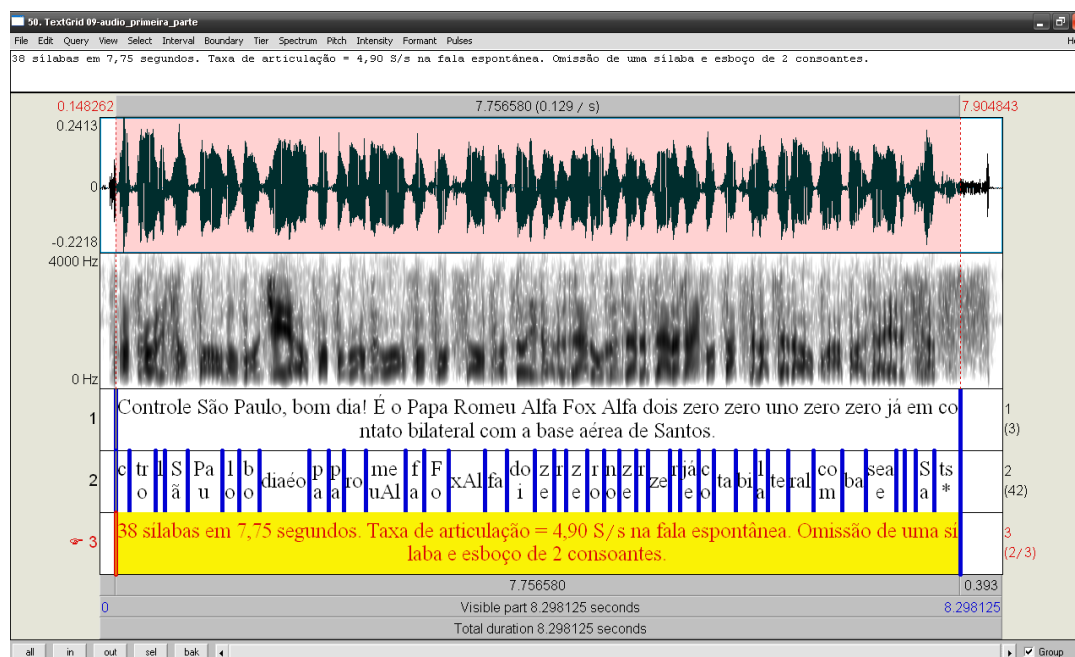


7.e- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	2	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	2	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
18,18%	0%

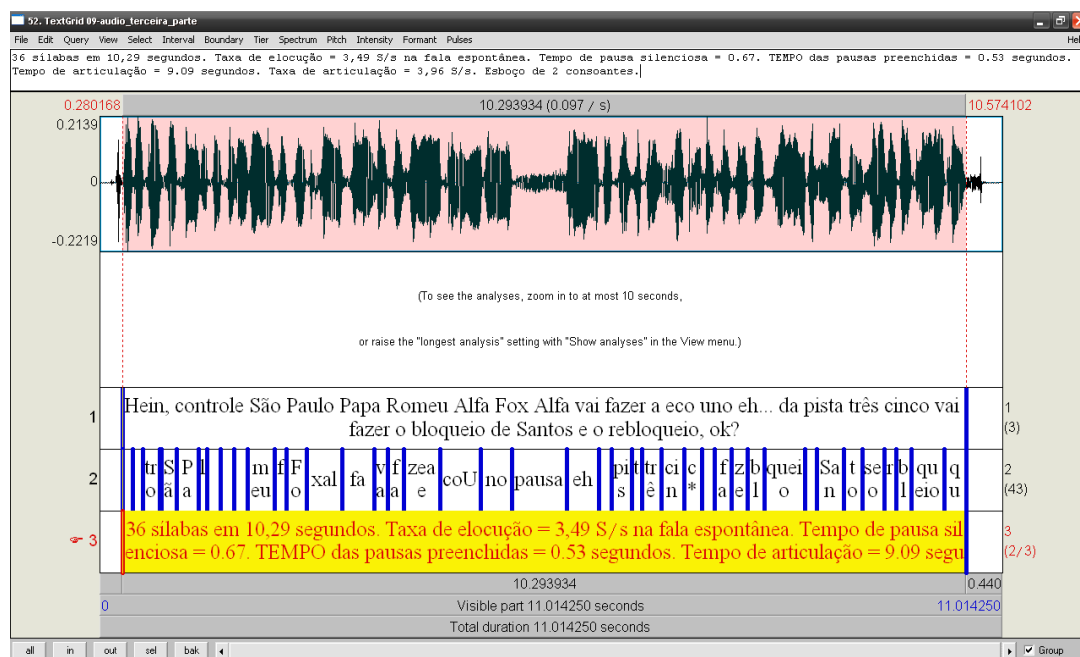


9.a- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala: Sem Alterações

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	3	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
7,89%	0%

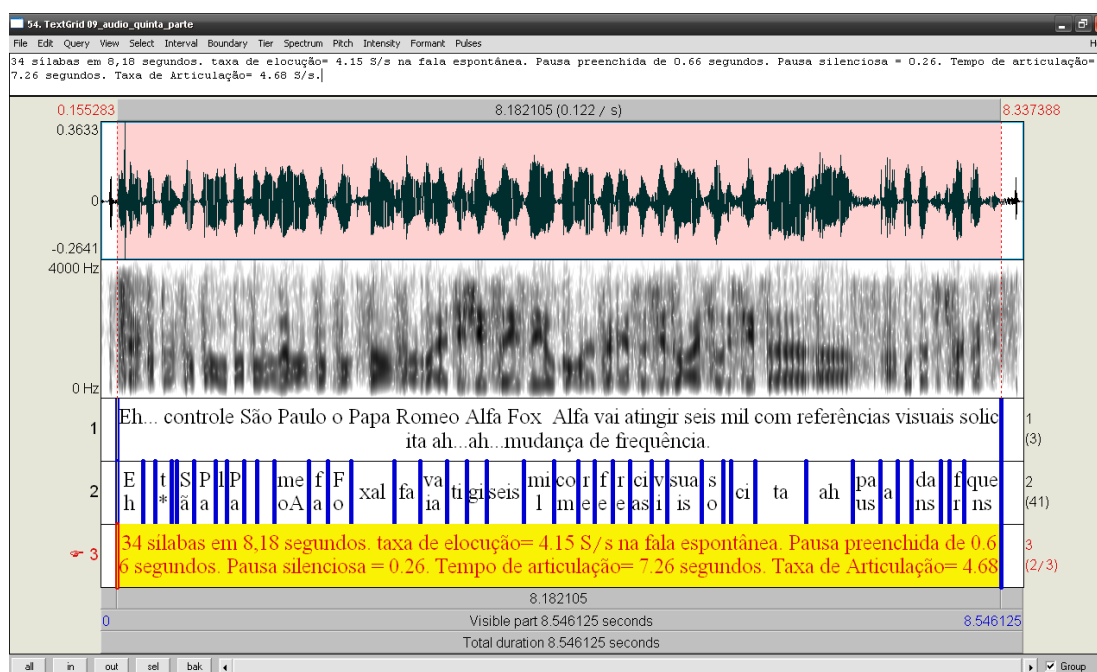


9.c- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	5	Repetição de sílabas	0
Interjeição	1	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	6	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
16.66%	0%

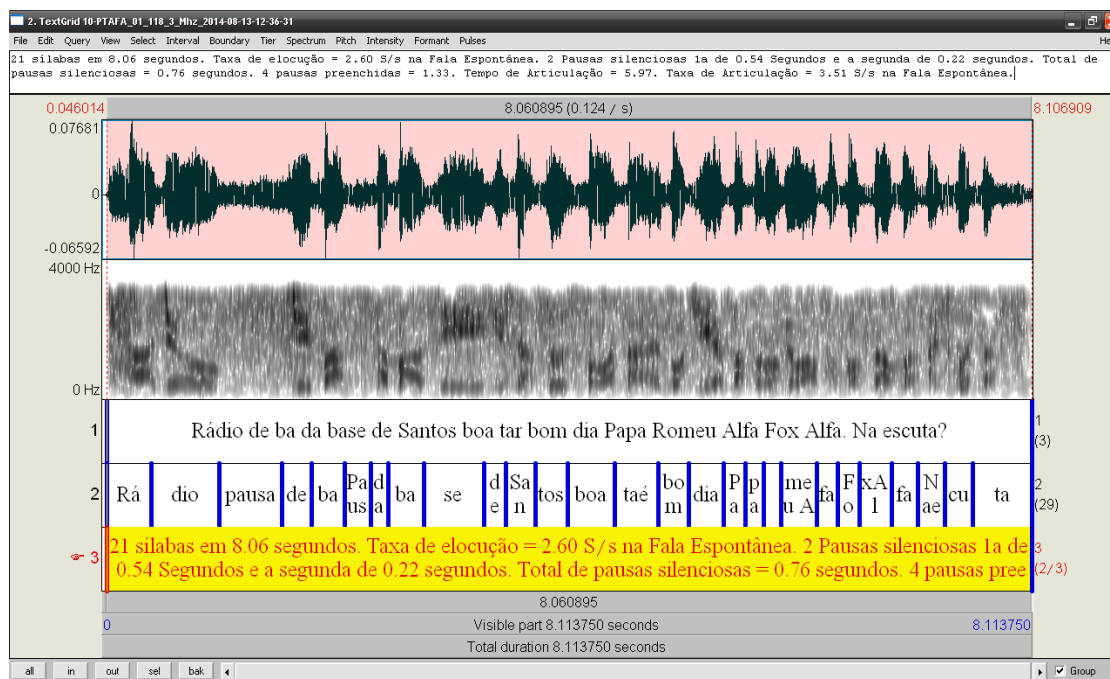


9.e- Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	6	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	6	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
17,64%	0%

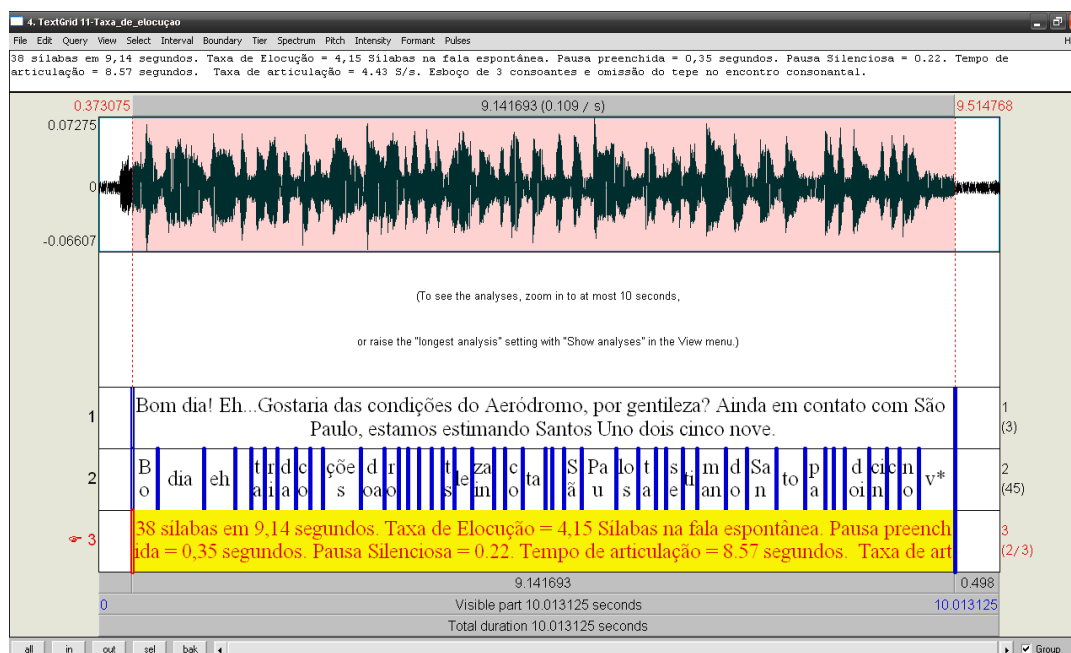


10 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	9	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	9	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
42,85%	0%

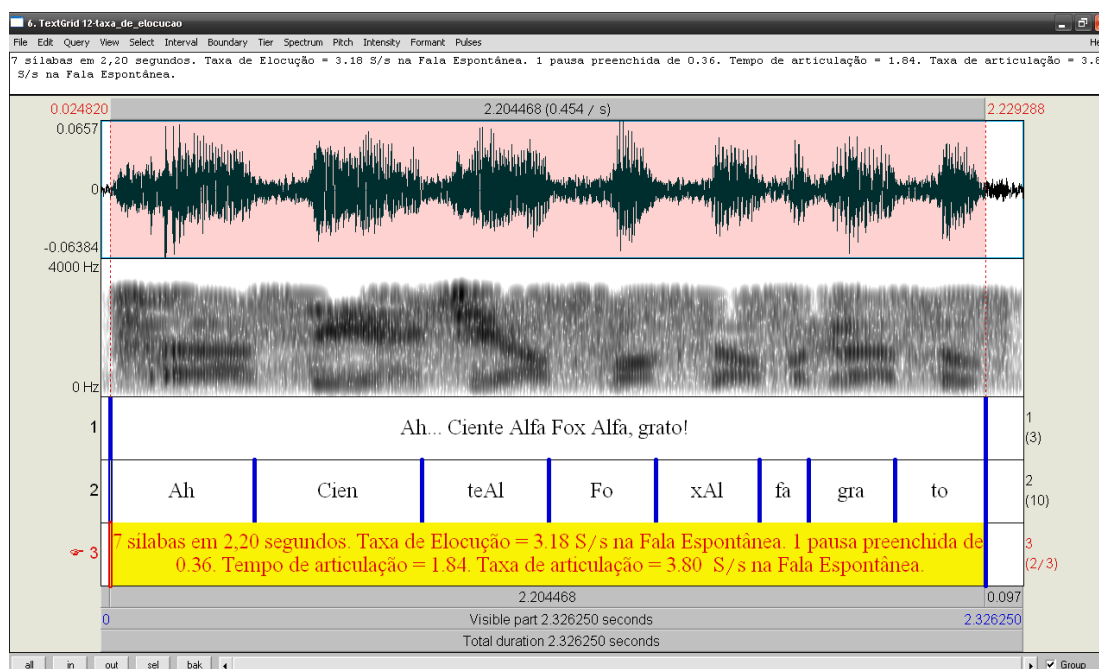


11 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	5	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	5	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
13.15%	0%

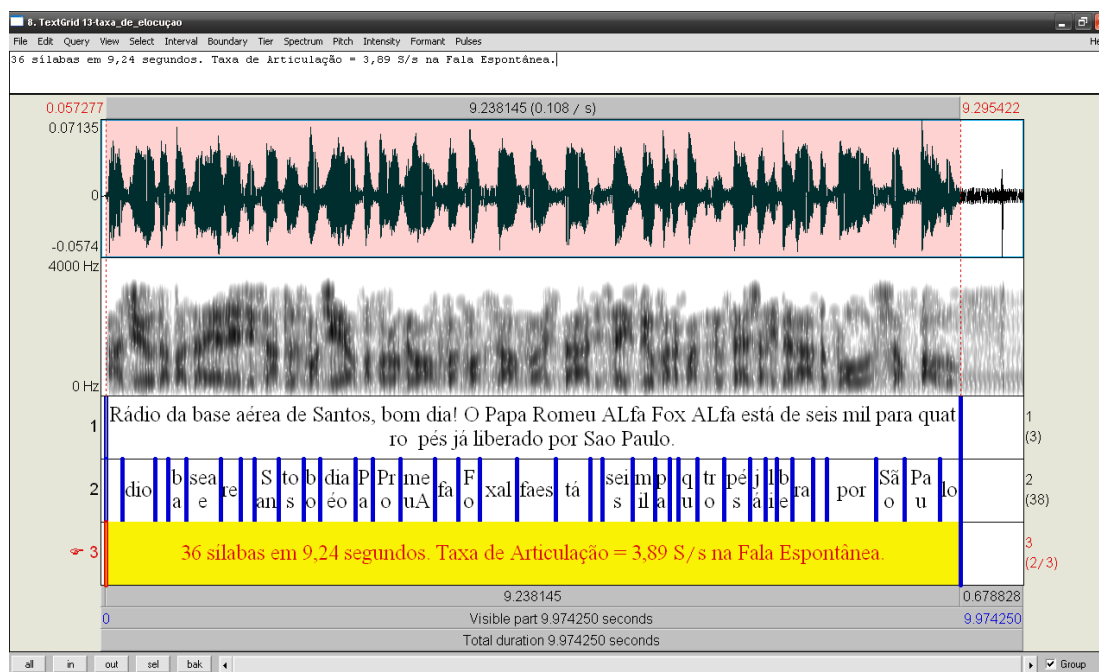


12 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	1	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	1	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
14,28%	0%

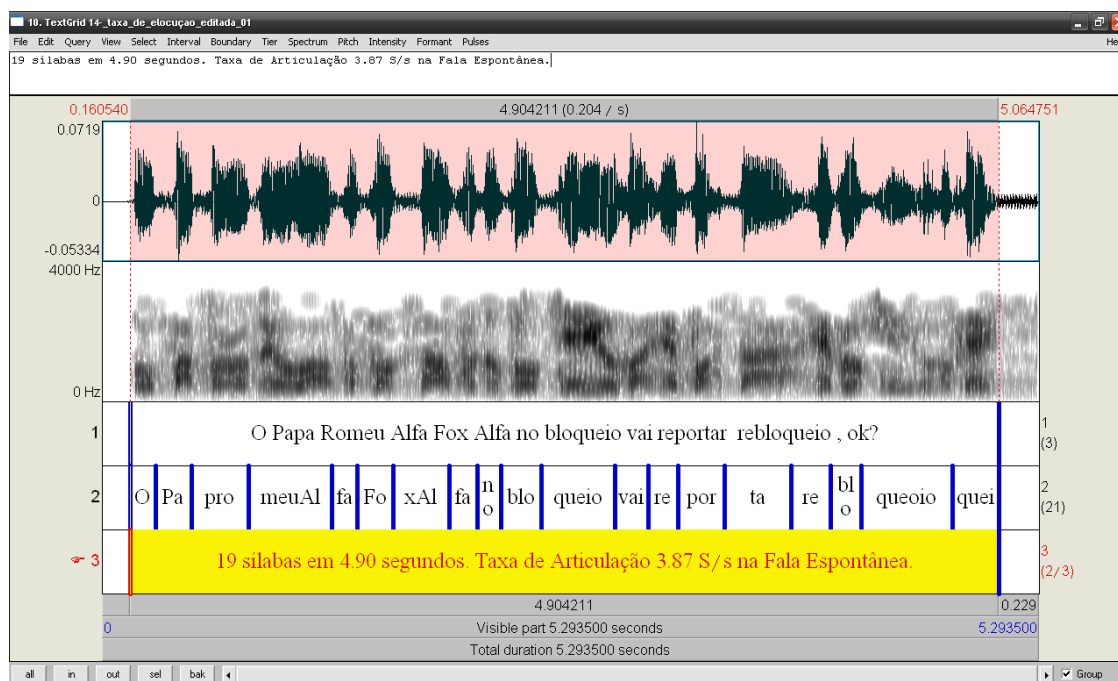


13 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	5	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	5	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
13,88%	0%

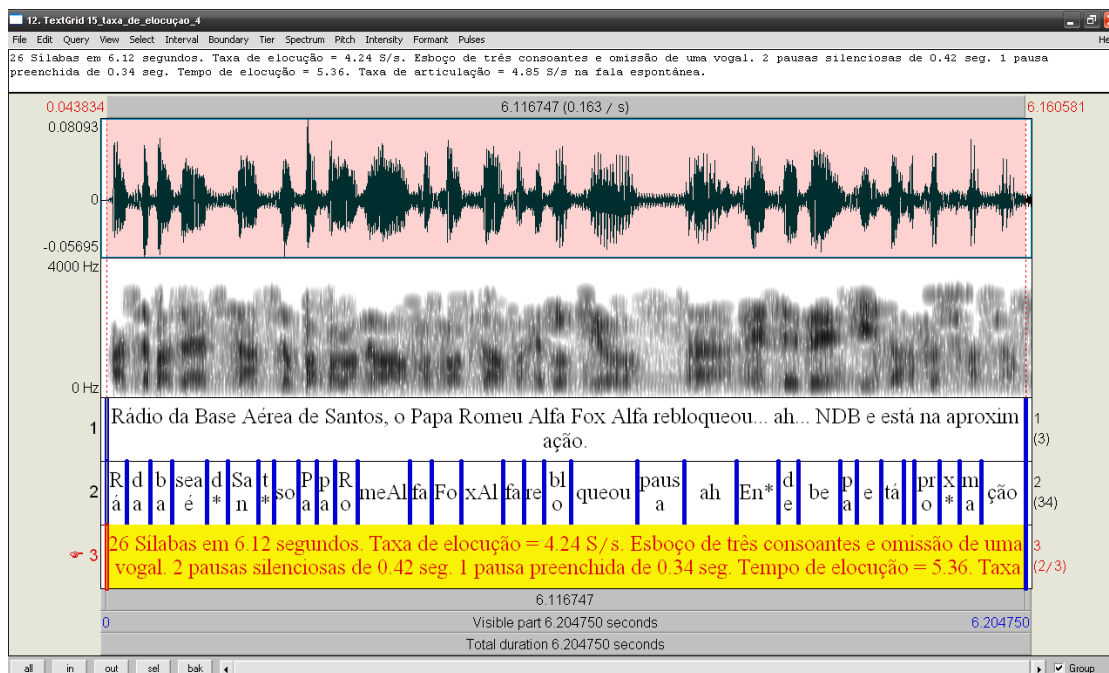


14 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	3	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	3	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
15,78%	0%

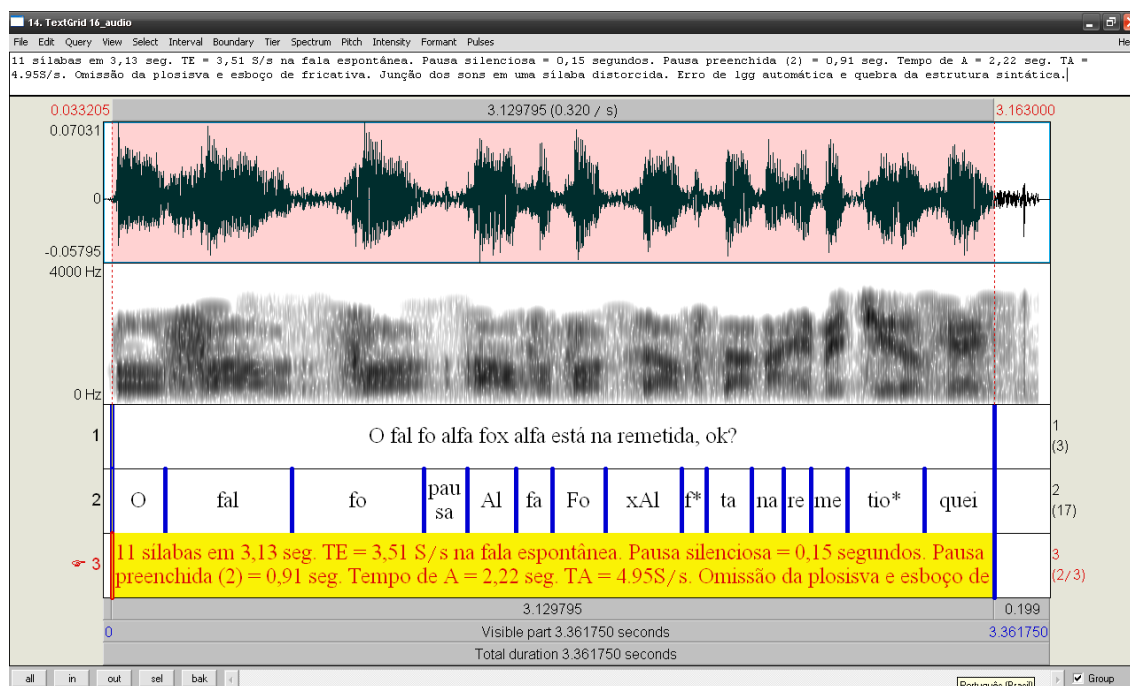


15 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
15,38%	0%

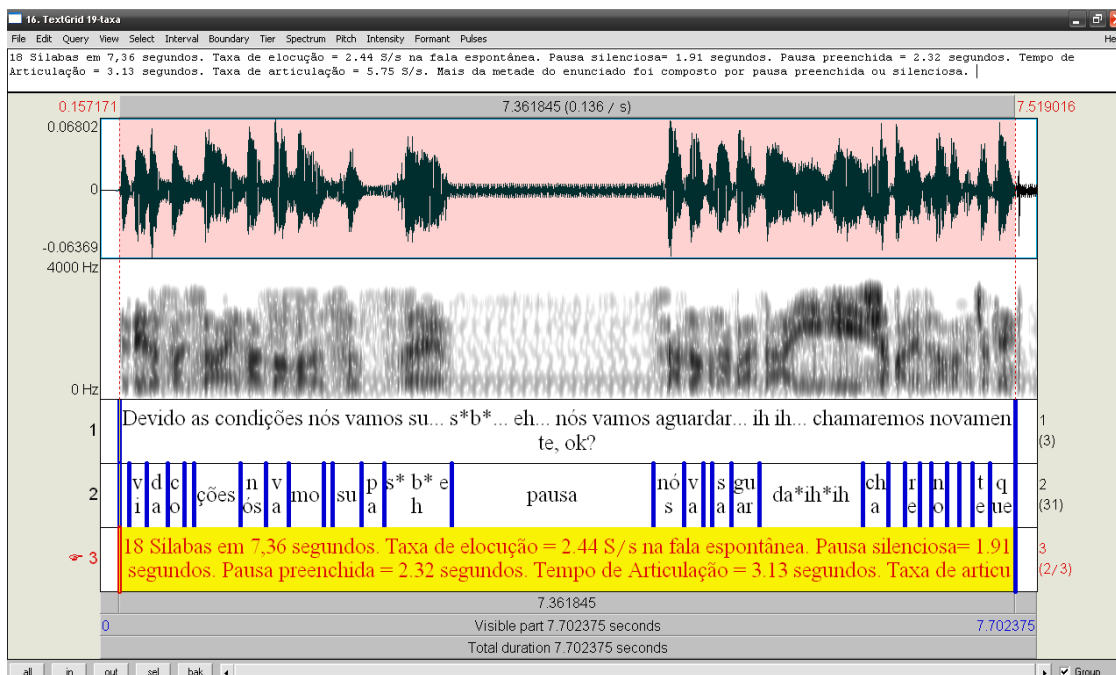


16 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	4	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	0
Repetição de frases	0		0
Total	4	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
36,36%	0%



19 - Tipologia das rupturas

Perfil da Fluência de Fala com valor aumentado

Disfluências Típicas		Disfluências Atípicas	
Hesitação	10	Repetição de sílabas	0
Interjeição	0	Repetição de sons	0
Revisão	0	Prolongamento	0
Palavra não terminada	0	Bloqueio	0
Repetição de palavras	0	Pausa	0
Repetição de Segmentos	0	Intrusão de sons ou segmentos	
Repetição de frases	0		0
Total	10	Total	0

Porcentagem de Descontinuidade da Fala	Porcentagem de Disfluências Atípicas
55%	0%

Exemplo de resultado do FAST – estudo piloto

