

# Análise da Qualidade de Áudio no Serviço Móvel Aeronáutico

Rodrigo Luiz Frigotto e Alexandre de Almeida Prado Pohl

**Resumo**—Até chegar ao controlador de tráfego aéreo os sinais de áudio podem sofrer diferentes degradações, tais como interferências, problemas de cobertura, compressão, entre outros. Neste trabalho é realizado um estudo de qualidade de áudio nas comunicações aeronáuticas, utilizando avaliação subjetiva. Para tal, foi estabelecida uma base de sinais de voz gravadas em estúdio, e estes sinais submetidos a diferentes degradações presentes nos meios de comunicação utilizados no controle de espaço aéreo. Em seguida os sinais foram avaliados por seres humanos, com emprego de métodos normatizados, de maneira a encontrar o índice de qualidade médio (MOS). Métodos objetivos de avaliação, tais como o PESQ e SESQ também foram avaliados e comparados com os resultados da avaliação subjetiva.

**Palavras-Chave**—Serviço Móvel Aeronáutico, Qualidade de Áudio, Análise subjetiva de áudio, Controle de Tráfego Aéreo

**Abstract**—From the airplane until reaching the air-traffic controllers, audio signals may suffer different kinds of degradation. Radio interference, range and compression are among the most common sources of degradation. In this work the audio quality in aeronautical communications is analysed, using standard subjective tests. For this purpose, a voice database was prepared, with audio signals being recorded in a professional studio. These signals were latter submitted to different degradations of the communication means used in airspace control and, next, were evaluated by human subjects in order to express the mean opinion score (MOS). Objective evaluation methods, such as PESQ and SESQ, were also evaluated and compared with results of the subjective evaluation.

**Keywords**—Aeronautical Mobile Service, Audio Quality Assessment, Subjective Audio Analysis

## I. INTRODUÇÃO

As comunicações aeronáuticas para fins de controle de tráfego aéreo são realizadas entre as aeronaves e os centros de controle, torres e estações de aeroportos localizados no solo. Dentre as comunicações utilizadas no Serviço Móvel Aeronáutico (SMA), padronizadas pela Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO), a de maior importância para a segurança da aviação é a comunicação por áudio, por onde são fornecidos procedimentos e informações importantes e realizadas as coordenações necessárias para organizar o espaço aéreo. Através do SMA são passadas instruções de navegação, como nível de voo (altitude), emitidos alertas e informações de tráfegos conflitantes.

Rodrigo Luiz Frigotto, Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA II) e Alexandre de Almeida Prado Pohl, CPGEI, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil. E-mails: rodrigorf1@fab.mil.br, pohl@utfpr.edu.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)

As comunicações por áudio ocorrem por meio de transmissão e recepção analógica, na faixa de 117 a 137 MHz, em AM, em *half-duplex* através de estações de comunicação que podem distar a mais de 1000 km do Centro de Controle. Os sinais precisam ser encaminhados ao Centro de Controle onde controladores de voo fazem as coordenações necessárias, passando por diferentes equipamentos e sistemas e sofrendo alterações ao longo do percurso.

Nesses sinais podem ser observados diferentes formas de degradação, por exemplo, as relacionadas à propagação de rádio-frequência, interferências com outros transmissores locais ou por descargas atmosféricas, entre outros. Na estação de comunicação remota podem ocorrer problemas relacionados aos equipamentos de recepção tais como a saturação de receptores, atenuações de sinal por mal contato elétrico, entre outros. Além disso, ao serem transmitidos ao Centro de Controle, dependendo do meio que transportará o sinal, este passará por conversões analógico-digital e digital-analógico, compressões e outros tratamentos que possivelmente podem causar degradações ou adicionar artefatos indesejados.

Os requisitos de comunicação para os serviços de controle de tráfego aéreo são definidos num documento, o Anexo 10 da ICAO, que determina que, para a avaliação de qualidade de áudio das comunicações aeronáuticas, devem ser atendidos aos requisitos da União Internacional de Telecomunicações (ITU). Devido ao grande número de fatores degradantes que os sinais de áudio podem sofrer, e ao aumento do tráfego aéreo registrado nos últimos anos, a avaliação da qualidade de sinais de áudio nas comunicações aeronáuticas ganhou relevância.

A avaliação da qualidade de sinais de áudio é um assunto importante na área de telecomunicações e é considerada uma análise subjetiva, pois depende do julgamento de indivíduos (usuários) de um determinado serviço. Os testes de análise subjetiva utilizados para levantamento de qualidade de áudio consistem na aplicação de um trecho de áudio de referência a um grupo de pessoas que avaliam a qualidade do sinal em termos de inteligibilidade. Outra possibilidade é o uso de métodos objetivos de análise, que utilizam modelos matemáticos para avaliar a qualidade de áudio. Essa técnica apresenta baixo custo por não necessitar das pesquisas de opinião e, quando automatizada, pode ser utilizada para o monitoramento em tempo real da qualidade do serviço prestado.

Neste trabalho, foi realizado um experimento subjetivo de qualidade de áudio levando em consideração os requisitos da ITU-T P.800 - *Methods for Subjective Determination of Transmission Quality* [1]. Esta norma, considerada referência na execução de testes subjetivos foi utilizada, por exemplo, em estudos recentes como o de Moller [2], Salehi [3], e

outros, que incluem pesquisas de métodos de análise objetiva de qualidade de áudio, e utilizam os resultados de testes subjetivos tanto para treinamento quanto para a validação dos resultados obtidos por meio de análises objetivas.

No estudo apresentado neste trabalho, os sinais foram gravados por um grupo de locutores em um estúdio, tratados e organizados de maneira que pudessem ser utilizados nos experimentos. Os sinais foram então degradados de diferentes maneiras, representando situações comuns de comunicação de ATC (Controle de Tráfego Aéreo), e posteriormente avaliados por um grupo de pessoas, a fim de se determinar o MOS (*Mean Opinion Score*), um índice de 1 a 5 que representa a qualidade percebida de um determinado trecho de áudio.

Em seguida, os dados obtidos no experimento subjetivo foram utilizados para a avaliação de métodos objetivos existentes, entre eles o método objetivo sem referência SESQ (*Single-Ended Speech Quality Assessment*), definido na norma ITU-T P.563 (*Single-ended method for objective speech quality assessment in narrow-band telephony applications* [4]) e o método com referência PESQ (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*), definido na norma ITU-T P.862 (*Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs* [5]). A partir dos resultados obtidos foi realizada uma análise comparativa e de desempenho dos métodos objetivos de análise aplicados à sinais degradados pelos meios utilizados nas comunicações aeronáuticas.

## II. CONTEXTUALIZAÇÃO

O SMA consiste em prover um meio de comunicação entre as aeronaves que trafegam em determinado espaço aéreo e um controlador de tráfego aéreo (ATCO) situado em um órgão de controle de tráfego aéreo. Os agentes do SMA, conforme definido pela ICAO e suas respectivas funções são: Torre (TWR), que prestam serviços de navegação de aeronaves em processos de pouso e decolagem, em trânsito nos pátios e pistas dos aeródromos; Centro de Controle de Aproximação (APP), responsável pela prestação de serviços de navegação em instantes posteriores à decolagem e que precedem o pouso, com área de cobertura de aproximadamente 40 milhas náuticas de distância do aeródromo; Centro de Controle de Área (ACC), que prestam serviços de navegação para aeronaves em rota, entre as áreas de atuação dos APP. A Figura 1 apresenta a disposição dos agentes do SMA e suas regiões de responsabilidade, conforme definição da ICAO. Quando uma

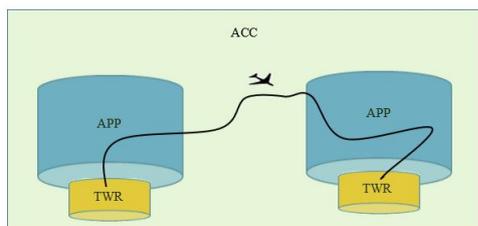


Fig. 1. Representação dos agentes do SMA.

aeronave necessita entrar em contato com um controlador, o

piloto sintoniza uma das frequências atribuídas ao setor em que se encontra, conforme obtido nas cartas de vôo, aciona o comando de liberação da portadora (PTT) e inicia a fala. O sinal é transmitido em VHF pelo transceptor de bordo e recebido através de uma estação em terra, que será sensibilizada e encaminhará a transmissão ao operador responsável. No caminho inverso, caso um ATCO tente comunicação com uma aeronave, o mesmo aciona o PTT e o sinal é transmitido em VHF através de uma ou mais estações em terra.

A solução técnica para prestação do SMA envolve vários equipamentos e sistemas, entre eles: sistemas de irradiação, receptores/demoduladores de VHF, distribuidores gerais (DG), equipamentos pertencentes às operadoras de telecomunicações, central de áudio, gravadores, entre outros. Os sinais recebidos são todos encaminhados aos centros de controle, através de diferentes canalizações disponíveis, entre estas: satélite, radio-enlaces, comunicações contratadas, em banda base (sinais analógicos), etc.

Para o caso de TWR e APP, próximos aos aeródromos, geralmente é utilizada apenas uma estação de transmissão/recepção em solo para a prestação do SMA. Porém, os setores do ACC abrangem um extenso volume de espaço aéreo controlado e, devido às limitações tecnológicas e físicas das radio-comunicações, normalmente são necessárias duas ou mais estações de radiodifusão em solo para garantir a cobertura necessária.

Considerando a maior dificuldade para obter sinais gravados nas aeronaves, foi testado um método de análise objetiva sem referência, que teria sua aplicação facilitada no SMA.

## III. ENSAIOS E TESTES

De maneira resumida, as etapas e atividades realizadas neste estudo são descritas na Figura 2. Primeiramente foi realizado o levantamento dos materiais, infraestrutura e recursos humanos necessários, com suas devidas especificações técnicas mínimas como: salas e equipamentos de gravação, aeronaves para teste, definição de critérios de inclusão e exclusão de pessoas, entre outros. Em seguida, foram solicitadas as devidas autorizações junto à Aeronáutica e aprovados os procedimentos junto ao Comitê de Ética de Pesquisa da instituição, considerando que a pesquisa envolveu seres humanos.

Uma etapa preliminar importante foi a validação das salas de gravação e reprodução de áudios, essencial para a realização do ensaio subjetivo conforme as recomendações da ITU-T P.800. Na ocasião foram realizadas medições de ruído (exigido ruído médio de, no máximo, 30 dBA, com distribuição de espectro homogêneo). Também necessitou ser realizado o ensaio de tempo de reverberação, sendo utilizado para tal o parâmetro RT60, definido pela norma ISO 3382-2, que, para ambas as salas, deveria possuir valor inferior a 500 ms. Realizada a validação das salas, o estudo procedeu com a gravação de sinais de áudio (voz) de referência, que seriam, posteriormente degradados. Para tal, 8 locutores foram selecionados (sendo 4 femininos e 4 masculinos) e reproduziram, no total, um conjunto com 153 frases aleatórias em português, 153 em inglês, 48 frases comuns de ATC em português e 48 em inglês. Os dois grupos de frases de 153 elementos foram elaborados e

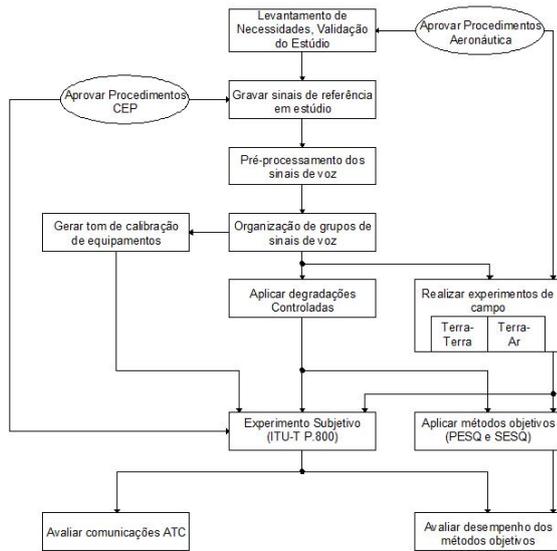


Fig. 2. Diagrama com objetivos e etapas do estudo.

gravados em conformidade com as recomendações da norma ITU-T P.800.

Foram selecionados os sinais que possuíam duração entre 2 a 3 segundos, nível de sinal de áudio entre -30 dB a -20 dB do nível de saturação e gravados com equipamentos profissionais com taxa de amostragem de 192 kHz e resolução de 24 bits. Os sinais de áudio selecionados foram normalizados a -26 dB em relação ao nível de saturação, etapa identificada no diagrama como “pré-processamento”. Para as medições e normalizações de nível dos sinais de áudio foi utilizado o método definido na recomendação ITU-T P.56.

Em seguida, os sinais normalizados foram organizados em 25 grupos balanceados formados por 8 frases, sendo 2 de cada narrador, com 2 mulheres e 2 homens por grupo. Foram elaborados também 8 grupos de sinais de áudio contendo frases de ATC. Cada um dos 33 grupos recebeu um tipo diferente de degradação. Foi elaborado um tom de calibração de 1kHz com nível médio de -26,0 dB, que foi utilizado durante as sessões de ensaio subjetivo para calibrar os equipamentos de reprodução.

#### A. Degradações Controladas

Conforme recomendado na norma utilizada, 10 grupos foram submetidos a condições de degradação controlada. Foram utilizadas as técnicas da MNRU (*Modulated Noise Reference Unit*), definida pela norma ITU-T P.81, que consiste num sistema capaz de realizar adição de certa quantidade de ruído de maneira controlada em um sinal de áudio, nos grupos G1 a G8. Em outro grupo (G9) foi aplicada a codificação PCM definida na recomendação ITU-T G.711 e a codificação ADPCM (*Adaptive differential pulse code modulation*), definida na norma ITU-T G.726, foi aplicada ao grupo G10. O grupo G25 não recebeu nenhum tratamento após a normalização.

#### B. Testes dos Meios de Comunicações Aeronáuticas

Esta etapa consistiu na realização dos experimentos em campo, a fim de degradar os sinais gravados submetendo-os

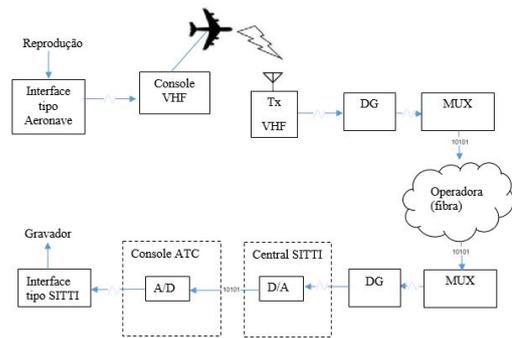


Fig. 3. Diagrama simplificado de sistema sob teste, grupos G14 e G4A, entre Aeronave CARAVAN e console do ACC, na frequência 127,5 MHz, transmissão através do DTCEA-CT.

aos meios utilizados nas comunicações ATC. Foram realizados testes em comunicações terra-terra (entre consoles do ACC e entre um ACC e um APP), terra-ar (entre um ACC e uma aeronave) e ar-terra (no sentido da aeronave para um ACC). Foram também testadas situações de comunicação terra-ar com transmissão simultânea a partir de 2 e 3 estações terrenas, condição a que se denomina “clímax”, no jargão aeronáutico. Foram realizados testes em vôo com a Aeronave Cessna Gran Caravan, nos níveis de 90 a 100 (9.000 a 10.000 pés), correspondendo aos grupos G16, G17, G18, G5A e G6A e 8 testes com a Aeronave Embraer Legacy 500, no nível 250 (25.000 pés), para os grupos G19, G20, G21, G22, G23, G24, G7A e G8A. Para todos os casos foram registradas as posições das aeronaves, frequências utilizadas e equipamentos/meios de comunicação utilizados.

O diagrama da Figura 3 representa um exemplo de teste realizado de comunicação ar-terra. Neste caso, os grupos G14 e G4A foram transmitidos, a partir de uma interface especialmente montada para a aplicação, por um reproduzidor de áudio acoplado ao transmissor de bordo da Aeronave Caravan. Os sinais foram recebidos através da estação terrena localizada no DTCEA-CT (Estação terrena em Curitiba) e encaminhados ao CINDACTA II por meio de canalização contratada, onde foi então gravado com taxa de amostragem de 44kHz e resolução de 16 bits. A Figura 4 mostra as condições encontradas para os testes G23 e G8A. Neste caso a aeronave orbitava região próxima a Pico do Couto - RJ e os sinais de áudio foram transmitidos a partir do ACC em Curitiba e encaminhados, simultaneamente, para as estações terrenas de Pico do Couto (PCO), Varginha (VARG) e Piedade (PIE). Para as duas primeiras estações a canalização utilizada foi o sistema Telesat, um enlace satelital operado pelo DECEA. Para a estação de PIE os sinais foram transmitidos através de enlace contratado junto à operadora comercial. Os sinais foram transmitidos de maneira simultânea pelas três estações e recebidos e gravados na Aeronave.

#### C. Avaliação Subjetiva e Objetiva

Foi então organizado um experimento subjetivo a fim de avaliar a qualidade de áudio nas situações testadas. Foram selecionados 32 avaliadores que preencheram os requisitos

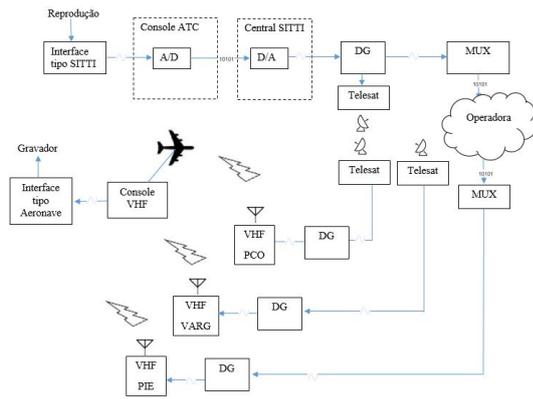


Fig. 4. Diagrama simplificado de sistema sob teste, grupos G23 e G8A, entre console do ACC e aeronave do GEIV. Transmissão através das estações VHF de Pico do Couto, Varginha e Piedade, frequência 125,35 MHz.

previstos em norma e foi planejado um experimento subjetivo padronizado do tipo ACR (*absolute category rating*), dividido em 4 sessões de aproximadamente 16 minutos, em que os sinais são aplicados a avaliadores não treinados para detectar degradações de sinais de áudio. As listas de reprodução para as sessões subjetivas foram organizadas de forma balanceada, utilizando o mesmo número de frases masculinas e femininas, em inglês e português e frases típicas e de vocabulário ATC. Cada sessão continha sinais de cada um dos grupos degradados, que foram apresentados em ordem aleatória, a fim de se considerar os efeitos da ordem de apresentação e cansaço do avaliador. Nas sessões foram apresentados os procedimentos e realizado um treinamento preliminar com 4 grupos de sinais de áudio. Os dados foram coletados em formulários compilados a fim de se obter o MOS de cada grupo. A avaliação subjetiva foi realizada em estúdio profissional com ambientes e equipamentos de características técnicas superiores ao exigido pela ITU-T P.800.

Os valores de MOS obtidos para cada uma das condições são mostrados na Tabela I. A Figura 5 apresenta os valores de MOS em ordem decrescente para todas as situações avaliadas. Os grupos com identificações terminadas em “A” contêm frases típicas de ATC e, por isso, foram tratados separadamente.

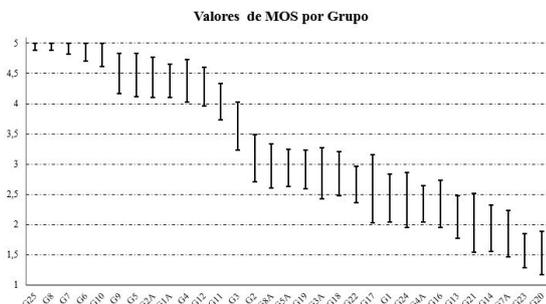


Fig. 5. Valores de MOS por grupo/condição, conforme experimento subjetivo. As barras de erro têm o comprimento do desvio padrão.

A análise dos dados levantados no experimento subjetivo permitiu constatar que os principais problemas de qualidade de áudio nas telecomunicações aeronáuticas estão relacionados às

TABELA I

VALORES DE MOS OBTIDOS NO EXPERIMENTO SUBJETIVO EM FUNÇÃO DA CONDIÇÃO DE DEGRADAÇÃO APLICADA.

Identif.	Condição	MOS	D. Padrão
Grupo 25	Áudio puro	4,969	0,177
Grupo 8	MNRU Q=50	4,969	0,177
Grupo 7	MNRU Q=35	4,938	0,246
Grupo 6	MNRU Q=30	4,875	0,336
Grupo 10	G.726 32 kbit/s	4,813	0,397
Grupo 9	G.711 64 kbit/s	4,500	0,672
Grupo 5	MNRU Q=25	4,469	0,718
Grupo 2A	ACC_ACC	4,438	0,669
Grupo 1A	ACC_APP_TF1	4,375	0,554
Grupo 4	MNRU Q=20	4,375	0,707
Grupo 12	ACC_ACC	4,281	0,634
Grupo 11	ACC_APP_TF1	4,031	0,595
Grupo 3	MNRU Q=15	3,625	0,793
Grupo 2	MNRU Q=10	3,094	0,777
Grupo 8A	PCO_VARG_PIE.12535	2,969	0,740
Grupo 5A	ACC_FL_CT_MDI	2,938	0,619
Grupo 19	ACC_PCO_CAM.1336	2,906	0,641
Grupo 3A	ACC_CAV.1275	2,844	0,847
Grupo 18	FL_ACC_CT_MDI	2,844	0,723
Grupo 22	PCO_VARG.12535	2,656	0,602
Grupo 17	ACC_FL_MDI_CT	2,594	1,132
Grupo 1	MNRU Q=5	2,438	0,801
Grupo 24	PCO_PIE.12535	2,406	0,911
Grupo 4A	CAV_ACC.1275	2,344	0,602
Grupo 16	ACC_FL_CT	2,344	0,787
Grupo 13	ACC_CAV.1275	2,125	0,707
Grupo 21	PCO_PIE.1336	2,031	0,967
Grupo 14	CAV_ACC.1275	1,938	0,759
Grupo 7A	PCO_CAM_PIE.1336	1,844	0,767
Grupo 23	PCO_VARG_PIE.12535	1,563	0,564
Grupo 20	PCO_CAM_PIE.1336	1,531	0,718

transmissão em VHF, sendo que nestas situações os valores de MOS obtidos são inferiores a 2,50, representando qualidade de áudio entre ruim e regular. Nenhum dos testes que envolveram comunicações por radiofrequência obtiveram MOS superior a 3,0, que corresponderia à qualidade regular. As comunicações terra-terra, tanto entre órgãos operacionais quanto entre consoles apresentou MOS superior a 4, correspondendo à qualidade entre boa e excelente. Para situações de comunicação terra-ar com clímax entre duas estações, em que o sinal foi transmitido simultaneamente por duas estações terrenas e captado da aeronave, a média do valor de MOS foi de 2,47. Quando foram usadas três estações o índice médio foi de 1,90, valor que corresponde à qualidade entre ruim e péssima. Os diferentes meios de canalização empregados (meios contratados ou satelitais próprios) tiveram pouca influência nos valores de MOS obtidos.

Outro fato interessante de ser observado foi que quando os sujeitos entrevistados foram submetidos a frases padronizadas de ATC, os valores de MOS obtidos para as mesmas condições de teste foram, em média, 0,42 superiores aos valores de MOS das frases aleatórias padronizadas. E para a segurança da aviação geral, a situação que apresentou maior melhora de percepção foi a de clímax com 3 estações, que passou de 1,90 para 2,58, passando de um índice entre péssimo e ruim para entre ruim e regular. Ressalta-se, portanto, a importância do uso de vocabulários padronizados nas comunicações aeronáuticas.

Os mesmos sinais degradados e avaliados por sujeitos

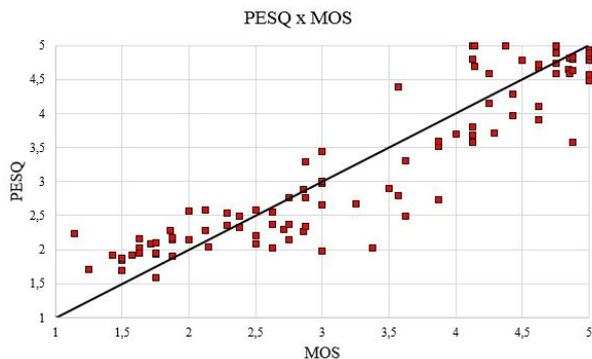


Fig. 6. Representação gráfica do PESQ em relação ao MOS, para todos os grupos padronizados (sem vocabulário ATC).

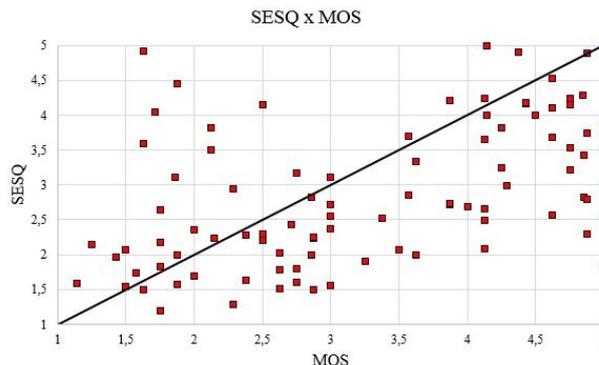


Fig. 7. Representação gráfica do SESQ em relação ao MOS, para todos os grupos padronizados (sem vocabulário ATC).

humanos foram avaliados por métodos objetivos padronizados. Foram utilizados o método com referência do PESQ e o método sem referência do SESQ, com os algoritmos fornecidos pela ITU após remoção dos cabeçalhos, *down-sampling* com interpolação e aplicação de filtro *anti-aliasing* do tipo FIR (função “Resample” do MATLAB) quando necessário. A Figura 6 apresenta a dispersão das previsões do PESQ em relação ao MOS obtido no experimento subjetivo e a Figura 7 a dispersão do SESQ.

Foi verificado que o PESQ apresentou ótimo desempenho na avaliação das degradações ensaiadas, conseguindo prever, com boa precisão, os valores de MOS percebidos pelos usuários, obtendo coeficiente de correlação de Pearson superior a 0,92 e coeficiente de correlação de postos de Spearman superior a 0,90 quando analisadas todas as condições de degradação. Já o SESQ, embora a literatura apresente situações de bons resultados sob determinadas condições, apresentou os coeficientes de Pearson e Spearman de 0,51 e 0,52, respectivamente, correspondendo à correlação moderada entre o MOS e o valor previsto pelo método.

Porém, quando foram analisadas isoladamente as degradações dos sistemas de comunicações aeronáuticas, somente o PESQ obteve desempenho adequado, registrando índices de correlação de Pearson e de Spearman de, respectivamente, 0,89 e 0,84. O SESQ registrou os índices de 0,29 e 0,28, indicando correlação fraca, conforme pode ser observado na Tabela II. Destaca-se que o SESQ foi utilizado em trechos de áudio com nível ativo de fala inferior a 3 s, situação não recomendada pela ITU-T P.563.

TABELA II

CORRELAÇÃO ENTRE MOS E VALORES PREVISTOS DO PESQ E SESQ - SOMENTE COMUNICAÇÃO ATC E FRASES PADRONIZADAS DA ITU.

Técnica	C. Pearson ( $\rho$ )	C. Spearman ( $r_s$ )
PESQ	0,891	0,839
SESQ	0,288	0,285

#### IV. CONCLUSÃO

Sendo essencial a inteligibilidade das comunicações aeronáuticas para as atividades de controle do espaço aéreo,

este trabalho se propôs a analisar os problemas de qualidade de áudio nestes meios. As condições testadas representaram diferentes cenários de comunicação empregados comumente no controle de tráfego aéreo incluindo a comunicação entre consoles do ACC, entre dois órgãos ATC e testes em vôo. Estes percorreram aproximadamente 3.500 km em áreas e níveis de vôo que apresentaram reclamações dos usuários e envolveram 7 estações terrenas de VHF, diferentes canalizações e situações de uso. A realização dos testes necessitou de desenvolvimento de equipamentos, metodologias específicas, além de extensa coordenação junto ao CINDACTA II, permitindo identificar situações de maior degradação de qualidade do sinal.

Quanto à aplicação de métodos objetivos de avaliação aos sinais degradados, foram testados os métodos do PESQ e do SESQ, sendo o primeiro um método com referência e o segundo sem referência e ambos utilizados comercialmente. Somente o PESQ obteve desempenho satisfatório na previsão do MOS, o que permitiria, até mesmo, emprego futuro em aplicações de tempo real envolvendo comunicações ATC. A base de dados será disponibilizada para pesquisadores interessados.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Comando da Aeronáutica, DE-CEA, ao Estúdio Boom Sound Design e a todos que dedicaram trabalho, tempo e recursos para que esta pesquisa pudesse ser realizada.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ITU, ITU-T Rec. P.800 - Methods for Subjective Determination of Transmission Quality *Telecommunications Standardization Sector*. 1996.
- [2] Moller, F. K. Non-Intrusive Estimation Model for the Speech-Quality Dimension Loudness *ITG-Fachbericht 267: Speech Communication*. pp 175-179 2016.
- [3] Haniyeh Salehi, V. P. Nonintrusive Speech Quality Estimation Based on Perceptual Linear Prediction *IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*. pp 1-4 2016.
- [4] ITU, ITU-T Rec. P.563 - Single-ended method for objective speech quality assessment in narrow-band telephony applications *Telecommunications Standardization Sector*. 2004.
- [5] ITU, ITU-T Rec. P.862 - Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs *Telecommunications Standardization Sector*. 2001.