

Análise da correlação entre itens avaliados em voos de cheque de pré-solo.

Leandro Vieira dos Santos¹, Carlos Henrique Costa Ribeiro¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/São Paulo - Brasil

Resumo— Para se manter capaz de cumprir sua missão constitucional, a Força Aérea Brasileira forma, anualmente, novos pilotos que passam a integrar os diversos Esquadrões de voo e a desempenhar missões operacionais. Durante sua formação, o futuro piloto militar realiza vários voos de treinamento e os desempenhos de cada item avaliado nesses treinamentos ficam registrados em uma ficha, relativa àqueles voos. Neste trabalho, foi feita uma análise da correlação entre esses itens a partir da categorização definida por uma taxonomia de objetivos educacionais, identificando, com base no desempenho dos alunos, quais destes apresentam maior correlação entre si. O resultado pode ser utilizado para aprimorar o treinamento, identificando itens que, ao serem melhor treinados, possam trazer um impacto positivo no desempenho dos demais.

Palavras-Chave— Instrução aérea, voo militar, análise de habilidades

I. INTRODUÇÃO

A Constituição Federal do Brasil define a Força Aérea Brasileira (FAB) como uma instituição regular de Estado, destinada à defesa da Pátria e à garantia dos poderes constitucionais [1]. Baseado nessa destinação constitucional, advém a missão de manter a soberania no espaço aéreo e integrar o território nacional com vistas à defesa da Pátria. [2]. Nesse contexto, a Política Nacional de Defesa (PND) dita que, para assegurar a capacidade de cumprimento das missões constitucionais, as Forças Armadas devem levar em conta a necessidade do contínuo aperfeiçoamento de suas técnicas e doutrinas de emprego. [3]. Além disso, a Estratégia Nacional de Defesa (END) define, em sua Ação Estratégica número 22 (AED-22) a necessidade de se manter os efetivos adequadamente preparados para garantir a capacidade de emprego.

Para conseguir cumprir esses requisitos de constante preparo e aperfeiçoamento no campo da atividade aérea, a FAB conta com uma extensa estrutura de treinamento que se inicia na Academia da Força Aérea (AFA), onde os pilotos são formados, e se estende a todas as organizações militares que realizam alguma atividade aérea. Na AFA, os futuros pilotos militares (nesse momento com o posto de cadetes) realizam o treinamento aéreo em duas aeronaves, T-25 Universal (treinamento básico) e T-27 Tucano (treinamento avançado), sendo que em ambas o treinamento é dividido em fases específicas. Neste trabalho, foi dado foco à missão de cheque de pré-solo realizada na AFA, que é a última missão da primeira fase da atividade aérea realizada sob supervisão. Nesta missão, o cadete deve realizar todo o voo de maneira correta e sem qualquer auxílio do instrutor para demonstrar estar preparado para realizar seu voo solo, no qual o cadete estará sozinho na aeronave.

Durante o voo de treinamento, diversos itens relativos à condução da aeronave pelo cadete são avaliados pelo instrutor.

Para cada item é atribuída uma nota entre 1 e 6, onde notas maiores indicam que o cadete teve um desempenho melhor naquele item.

O objetivo deste trabalho é encontrar, através das notas de itens, correlações indicando uma dependência entre o desempenho de dois ou mais aspectos avaliados durante o voo. Tal análise pode ser utilizada para melhorar o treinamento, identificando itens que servem como base para o entendimento de exercícios mais complexos e que devem ser melhor compreendidos pelo cadete, para que ele possa melhorar seu desempenho no voo.

Como indicador das correlações foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, cuja aplicação na atividade aérea é relatada na literatura para identificar fatores que influenciam no desempenho no treinamento básico [4] [5], para avaliar a relação entre os critérios de seleção de pilotos e o desempenho dos mesmos durante o treinamento [6] e para analisar a efetividade do treinamento em simuladores de voo [7]. Porém, não foram encontrados trabalhos analisando relações entre os aspectos avaliados durante o treinamento de voo, usando como base a avaliação de correlações.

II. CONJUNTO DE DADOS

Os dados analisados foram extraídos do Mentor, sistema desenvolvido na própria FAB, no qual são preenchidas as fichas de voo que registram as informações relativas aos voos de treinamento. Os dados em questão referem-se aos cadetes durante o processo de formação na AFA. O conjunto de dados contém 5.120.673 registros relativos aos itens avaliados em cada voo realizado entre os anos de 2005 e 2015. A tabela I mostra a descrição de cada atributo deste conjunto.

TABELA I
DESCRIÇÃO DE ATRIBUTOS DOS DADOS DE VOO

Atributo	Descrição
<i>fichaMigrada_id</i>	Número que identifica à qual ficha de voo pertence o respectivo item avaliado
<i>grauAtribuido</i>	Número, no intervalo de 1 a 6, representando o desempenho do avaliado naquele item
<i>nivel</i>	Código de duas letras representando o nível da avaliação
<i>nomeItem</i>	Nome do item avaliado
<i>descricaoMissao</i>	Código representando a fase e o número da missão avaliada. Ex: PS-01 representa a primeira missão da fase de pré-solo
<i>idTripulanteBasico</i>	Número representando o piloto avaliado naquela ficha de voo
<i>anoTurma</i>	Ano em que o avaliado ingressou na AFA
<i>descricaoAeronave</i>	Código representando o tipo de aeronave que foi utilizada naquele voo de treinamento

III. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

A manipulação dos dados foi dividida em duas partes: filtragem e pré-processamento - exploração inicial e transformação dos dados para facilitar a obtenção dos resultados, e análise - aplicação do método utilizado e apresentação dos resultados obtidos.

A. Filtragem e pré-processamento dos dados

Para que se possa começar a etapa de pré-processamento, é importante verificar as principais características do conjunto de dados. Uma grande quantidade de informações úteis pode ser extraída desse conjunto por meio de sua análise ou exploração, através da estatística descritiva [8].

Inicialmente, foram retirados do conjunto de dados itens que não eram relativos às missões de cheque de pré-solo. A execução desse passo faz com que os dados restantes sejam relativos somente a voos de cadetes, já apenas eles realizam essa missão. Além disso, foram removidos também os itens de comentários gerais, já que a análise é feita com base nas notas e estes itens não as recebem.

Após essa filtragem inicial, restaram 125.155 registros a serem analisados. A Tabela II mostra a distribuição da quantidade de pilotos e itens avaliados nas missões de cheque de pré-solo, ao longo dos anos.

TABELA II
DISTRIBUIÇÃO DA QUANTIDADE DE PILOTOS E ITENS AVALIADOS

Ano turma	Itens avaliados (T-25)	Qtd de pilotos (T-25)	Itens avaliados (T-27)	Qtd de pilotos (T-27)
2005	0	0	84	1
2006	42	124	43	106
2007	42	119	43	108
2008	51	141	43	117
2009	43	136	43	120
2010	41	142	54	131
2011	45	187	51	126
2012	45	128	44	109
2013	46	136	0	0
2014	45	131	50	5
2015	44	10	0	0

Percebe-se que para as turmas de 2005 e 2015 há poucos dados a serem avaliados. Isso ocorre porque no ano de 2005 o sistema Mentor ainda estava em fase de testes, e em 2015 ocorreu uma atualização do sistema e novas fichas de voo passaram a ser registradas em outro banco de dados. Além disso, as turmas de 2013 e 2014 possuem uma quantidade de dados menor para a aeronave T-27, pois nesse período estava sendo testada uma atualização do sistema. Sendo assim, e buscando maximizar semelhança do rol de itens realizados entre os anos, a análise foi feita apenas para as turmas que ingressaram na AFA entre 2006 e 2012.

Durante a exploração dos dados, foi notado que existiam alguns itens com descrições diferentes, mas que representavam um mesmo aspecto, por exemplo: "ITEM - GERAL" e "ITEM GERAL". Os itens nessa situação foram renomeados, para eliminar ambiguidade.

Por fim, restaram 121.394 itens, sendo 74.690 relativos à aeronave T-25 e 46.704 relativos à aeronave T-27. Na fase de pré-processamento, inicialmente os dados foram separados por aeronave e ano, conforme mostrado na Figura 1. Essa divisão resultou em 14 subconjuntos de dados.

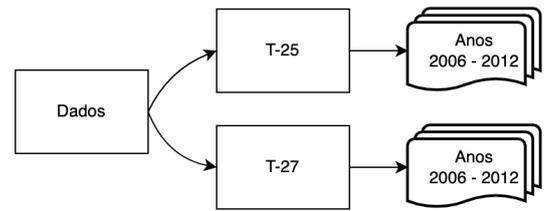


Fig. 1. Fluxograma de divisão dos dados.

Com os dados separados, foram descartados os atributos *descricaoMissao*, *anoTurma* e *descricaoAeronave*. Também foi descartado o atributo *idTripulanteBasicoAvaliado*, pois como a análise leva em conta somente as notas dos itens avaliados, sem considerar qual piloto executou a missão, este dado acaba se tornando irrelevante. Por fim, o atributo *nivel* foi removido dos dados, pois como a missão de cheque de pré-solo é a última de sua fase, o grau de avaliação de todos os itens é o mais alto, fazendo desse atributo uma constante. Os dados foram então formatados para que as linhas representassem os voos de treinamento e as colunas os itens avaliados, sendo estes os indexadores de linha e coluna das notas obtidas para cada item em cada voo.

Por fim, para cada subconjunto de dados foram removidos os itens avaliados que possuíam mais de 60% de notas não preenchidas. Isso é comum de ocorrer, pois há casos em que algum aluno precisa treinar um aspecto não previsto para a missão que está realizando. Sendo assim, passa a existir no conjunto de dados apenas um registro daquele item, para aquele voo. Os demais valores não preenchidos foram substituídos pela moda da nota para aquele item avaliado, já que a utilização da média poderia resultar em números não inteiros.

B. Análise

Para cada par (i_1, i_2) de itens i_1 e i_2 avaliados durante o voo, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson [9].

$$\rho(i_1, i_2) = \frac{\text{cov}(i_1, i_2)}{\sigma_{i_1} \sigma_{i_2}} \quad (1)$$

onde:

cov é a covariância; e

σ_i é o desvio padrão das notas do item i .

Isso foi feito para cada ano entre 2006 e 2012, e então foi calculada a média entre os anos das correlações para cada tipo de aeronave. As tabelas III e IV mostram os 25 pares de itens com a maior correlação média para cada tipo de aeronave, bem como o desvio padrão da correlação para os anos analisados. Os nomes dos itens avaliados foram descaracterizados devido à classificação de sigilo dos dados. Para isso, os itens foram agrupados de acordo com a fase do voo em que são executados (quando aplicável) e conforme os domínios que se encaixam segunda a taxonomia de Bloom [10]:

- Afetivo: o aprendizado está relacionado às percepções, crenças, valores e sentimentos;
- Cognitivo: o aprendizado está relacionado à memória, capacidade interpretativa e pensamento crítico;
- Psicomotor: o aprendizado está relacionado à capacidade de realizar movimentos e à coordenação motora.

TABELA III

ÍTENS COM A MAIOR CORRELAÇÃO MÉDIA PARA A AERONAVE T-25

Par de itens	Correlação média	Desvio padrão
Item de avaliação geral - Correções em itens psicmotores	0,8147	0,0309
Item psicomotor de condução da aeronave 2 – Correções em itens psicmotores	0,7390	0,0660
Item psicomotor de condução da aeronave 3 - Item psicomotor de condução da aeronave 1	0,7114	0,0688
Item psicomotor de tráfego 3 – Correções em itens psicmotores	0,6890	0,0424
Item de avaliação geral – Item psicomotor de tráfego 3	0,6831	0,0560
Item psicomotor de condução da aeronave 2 - Item de avaliação geral	0,6746	0,0781
Item de avaliação geral – Item afetivo 2	0,6408	0,0568
Item afetivo 2 – Correções em itens psicmotores	0,6334	0,0355
Item psicomotor de condução da aeronave 4 – Correções em itens psicmotores	0,6333	0,0630
Item psicomotor de condução da aeronave 2 – Item psicomotor de tráfego 3	0,6300	0,0548
Item psicomotor de tráfego 4– Correções em itens psicmotores	0,6230	0,0988
Item de avaliação geral – Item psicomotor de tráfego 2	0,6218	0,0494
Item psicomotor de tráfego 4- Item de avaliação geral	0,6155	0,0819
Item psicomotor de condução da aeronave 2 - Item psicomotor de condução da aeronave 4	0,6108	0,0598
Item psicomotor de tráfego 2 – Correções em itens psicmotores	0,6080	0,0552
Item psicomotor de tráfego 4- Item psicomotor de condução da aeronave 1	0,6057	0,0584
Item psicomotor de emergência - Item de avaliação geral	0,6051	0,0669
Item cognitivo 3 - Item cognitivo 1	0,5997	0,0681
Item psicomotor de orientação espacial - Item cognitivo de orientação espacial	0,5860	0,0962
Item psicomotor de condução da aeronave 4 – Item psicomotor de tráfego 2	0,5859	0,0491
Item psicomotor de tráfego 3 – Item psicomotor de tráfego 2	0,5839	0,0769
Item afetivo 4 – Item afetivo 2	0,5791	0,0488
Item psicomotor de tráfego 1 – Item psicomotor de tráfego 2	0,5775	0,0721
Item afetivo 3 - Item cognitivo 2	0,5744	0,0583
Item afetivo 4 - Item de avaliação geral	0,5737	0,0641

TABELA IV

ÍTENS COM A MAIOR CORRELAÇÃO MÉDIA PARA A AERONAVE T-27

Par de itens	Correlação média	Desvio padrão
Item psicomotor de condução da aeronave 3 - Item psicomotor de condução da aeronave 1	0,7642	0,0416
Item de avaliação geral – Correções em itens psicmotores	0,7642	0,0975
Item psicomotor de condução da aeronave 2 – Correções em itens psicmotores	0,6845	0,0704
Item afetivo 3 - Item cognitivo 2	0,6454	0,0887
Item de avaliação geral – Item afetivo 2	0,6428	0,0701
Item psicomotor de condução da aeronave 2 - Item de avaliação geral	0,6343	0,0454
Item psicomotor de condução da aeronave 3 - Item psicomotor de condução da aeronave 2	0,6208	0,0641
Item psicomotor de condução da aeronave 3 - Item psicomotor de condução da aeronave 5	0,6116	0,0510
Item afetivo 4 - Item afetivo 1	0,6103	0,0720
Item psicomotor de condução da aeronave 3 – Correções em itens psicmotores	0,6092	0,0837
Item psicomotor de condução da aeronave 4 – Correções em itens psicmotores	0,6084	0,0861
Item afetivo 4 – Item afetivo 2	0,5975	0,0799
Item psicomotor de condução da aeronave 4 - Item de avaliação geral	0,5885	0,0606
Item psicomotor de condução da aeronave 2 - Item psicomotor de condução da aeronave 4	0,5863	0,0622
Item afetivo 4 - Item de avaliação geral	0,5854	0,1109
Item psicomotor de condução da aeronave 5 - Item psicomotor de condução da aeronave 1	0,5830	0,0645
Item psicomotor de orientação espacial - Item cognitivo de orientação espacial	0,5827	0,0767
Item psicomotor de condução da aeronave 5 – Correções em itens psicmotores	0,5779	0,0914
Item cognitivo 2 - Item cognitivo 1	0,5769	0,0772
Item afetivo 3 - Item afetivo 1	0,5761	0,1343
Item psicomotor de condução da aeronave 3 - Item de avaliação geral	0,5760	0,0988
Item psicomotor de condução da aeronave 2 - Item psicomotor de condução da aeronave 1	0,5706	0,0966
Item afetivo 2 – Correções em itens psicmotores	0,5677	0,1255
Item psicomotor de tráfego 4- Item psicomotor de tráfego 5	0,5669	0,0974
Item psicomotor de tráfego 4- Item de avaliação geral	0,5654	0,0757

IV. DISCUSSÃO

Dos 25 pares de itens que apresentaram maior correlação, 13 eram comuns entre as duas aeronaves. Esse fato evidencia que, apesar da avaliação ser feita de forma subjetiva (os instrutores de voo avaliam a performance do cadete com base em seus conhecimentos e o que consideram ser o desempenho ideal), existe uma consistência, tanto no método de avaliação quanto nos itens que mais se correlacionam.

A Figura 2 mostra um grafo ponderado indicando as correlações entre os itens avaliados, no qual a largura das arestas é diretamente proporcional ao grau de correlação entre os vértices. É possível perceber que os itens diretamente relacionados à avaliação geral do voo são relativos às suas fases críticas: tráfego e treinamentos de emergência. Um erro de execução nesses pontos pode colocar em risco a segurança dos pilotos e a integridade da aeronave, logo, são fatores decisivos para determinar se um cadete pode ou não executar um voo solo.

Outro item que apresentou alta correlação com uma grande quantidade de outros aspectos do voo estava relacionado às correções realizadas pelo aluno durante o voo, sugerindo que tão importante quanto executá-lo de maneira correta é saber corrigir erros que possam ser cometidos eventualmente. Para isso, é fundamental que o aluno consiga identificar o que está sendo feito de maneira incorreta e saiba como corrigir, sendo estes pontos que devem ser enfatizados pelo instrutor durante sua avaliação.

O grafo também mostra uma influência dos aspectos afetivos nos itens relacionados à parte cognitiva, indicando que é importante que o cadete se mantenha motivado em relação à instrução aérea para que tenha um bom nível de estudo e apresente o desempenho esperado nos treinamentos. Esse é um fator que pode ser influenciado por situações que não estão sob o controle do cadete mas que causarão impactos em sua motivação extrínseca [11][12]. Sendo assim, fatores como

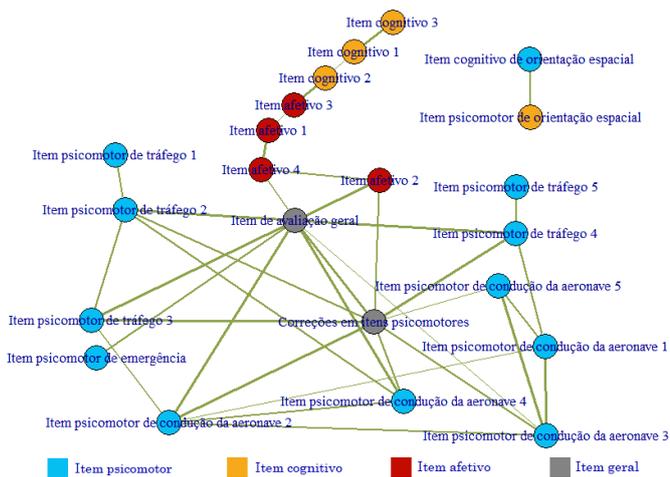


Fig. 2. Grafo de correlação dos itens avaliados

o tratamento por parte dos instrutores e outros aspectos da vivência na AFA, têm o potencial de interferir, positivamente ou não, no desempenho durante a atividade aérea.

V. CONCLUSÕES

De maneira geral, a análise da correlação pode ajudar a detectar os fatores que influenciam cada aspecto avaliado no voo, podendo vir a servir tanto para ajudar o aluno a entender qual deve ser seu foco para melhorar seu desempenho quanto para auxiliar um instrutor a identificar erros ou vícios de pilotagem que possam estar atrapalhando a execução de um determinado exercício de treinamento.

Dos pares avaliados no experimento, todos apresentaram correlação média maior do que 0,5 e a maior parte dos itens correlacionados era comum quando se considerava o treinamento nas diferentes aeronaves, sugerindo uma consistência no método de avaliação utilizado na AFA.

Um grau de correlação mais alto entre itens relacionados às fases críticas do voo (tráfego e simulações de emergências) com o item de avaliação geral do voo indica uma preocupação com a segurança dos cadetes por parte dos instrutores e da dinâmica de ensino proposta. Já a correlação direta entre os itens dos campos cognitivos e afetivos ressalta que a condição psicológica do cadete em relação à atividade aérea irá influenciar na sua busca de conhecimentos relativos ao voo, o que invariavelmente gerará um impacto no desempenho geral desse piloto no curso.

Neste trabalho foram explorados apenas os 25 pares de itens com a maior correlação média. Ampliar a análise para todos os itens avaliados nas missões de cheque de pré-solo pode ajudar a revelar outros pontos relevantes, assim como a execução da mesma análise para outras missões, fases de voo, Unidades Aéreas ou tipos de aeronaves pode ajudar a Força Aérea a melhorar a qualidade da instrução aérea e o nível de capacitação de seus pilotos.

REFERÊNCIAS

- [1] Brasil, "Constituição da república federativa do brasil," *Brasília, DF*, 2008.
- [2] —, "Estratégia nacional de defesa," *Brasília, DF*, 2008.
- [3] —, "Política nacional de defesa," *Brasília, DF*, 2008.

- [4] D. Herniman, "Investigating predictors of primary flight training in the canadian forces," Master's thesis, Carleton University, Ottawa, Canada, 2013.
- [5] G. Griffin and D. McBride, "Multitask performance: Predicting success in naval aviation primary flight training." Naval Medical Research and Development Command, Tech. Rep., 1986.
- [6] T. R. Carreta, "Understanding the relations between selection factors and pilot training performance: Does the criterion make a difference?" *The Internacional Journal of Aviation Psychology*, vol. 2(2), pp. 95–105, 1992.
- [7] C. P. R. T. Hays, J. W. Jacobs and E. Salas, "Flight simulator training effectiveness: A meta-analysis," *Military Psychology*, vol. 4(2), pp. 63–74, 1992.
- [8] K. Faceli, A. C. Lorena, J. Gama, A. Carvalho *et al.*, *Inteligência Artificial: Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina*. Rio de Janeiro: LTC, 2021, 2 ed.
- [9] J. Benesty, J. Chen, Y. Huang, and I. Cohen, *Pearson correlation coefficient*. Springer, 2009, p. 1–4.
- [10] B. S. Bloom, *Taxonomy of educational objectives; the Classification of educational goals*. Longmans, Green, 1956.
- [11] M. S. Fortier, R. J. Vallerand, and F. Guay, "Academic motivation and school performance: Toward a structural model," *Contemporary Educational Psychology*, vol. 20, no. 3, pp. 257–274, 1995.
- [12] T. M. Amabile, K. G. Hill, B. A. Hennessey, and E. M. Tighe, "The work preference inventory: Assessing intrinsic and extrinsic motivational orientations," *Journal of personality and social psychology*, vol. 66, no. 5, pp. 950–967, 1994.