

# Classificação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia III: uma análise discriminante dos estratos

## *Classification of Graduate Programs in Engineering III: A discriminant analysis of strata*

**Guilherme Luís Roehe Vaccaro**

Doutor, PPGEPS – UNISINOS, Av. Unisinos, 590 – Prédio 5  
93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil  
guilhermev@unisinos.br

**Alexandre Costa da Silva**

Mestrando, PPGEPS – UNISINOS, Av. Unisinos, 590 – Prédio 5  
93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil  
alexandres@unisinos.br

**Cleber Giovani Pereira**

Mestrando, PPGEPS – UNISINOS, Av. Unisinos, 590 – Prédio 5  
93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil  
giovani@unisinos.br

**Moisés Panatier Oliveira**

Mestrando, PPGEPS – UNISINOS, Av. Unisinos, 590 – Prédio 5  
93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil  
moises.panatier@hotmail.com

---

### Resumo

Este trabalho aplica análise discriminante para identificar os fatores macroscópicos significantes na classificação dos Programas de Pós-Graduação (PPG) em Engenharia III. A questão motivadora é determinar se é possível inferir, com base em indicadores macroscópicos, a nota de classificação atribuída pela CAPES. A Análise Discriminante foi usada para dar suporte à discussão. Os fatores utilizados foram: tempo de existência, número de docentes permanentes, número de teses e dissertações e número de publicações. O estudo foi fundamentado em dados trienais do período 2004-2006, últimos dados oficiais disponibilizados pela CAPES em seu site. Os resultados encontrados são suportados pela capacidade positiva de predição das funções discriminantes obtidas, caracterizando alinhamento e efetividade das políticas de indução e avaliação da CAPES. Os resultados podem auxiliar a dimensionar ações em prol da qualificação de PPG

### Abstract

This paper applies a discriminant analysis aiming to identify significant macroscopic factors for the classification of Graduate Programs (PPG) in Engineering III. The main question is whether it is possible to infer, based on macroscopic indicators, the rating given by CAPES. Discriminant analysis was used to support this discussion. The factors considered were: time of existence, number of permanent researchers, number of theses and dissertations, and number of publications. The study was based on data from the three-year period 2004-2006, latest official data provided by CAPES. The results are supported by the positive predictive ability of discriminant functions obtained, characterizing alignment and effectiveness of induction policies from CAPES. The results may help to scale actions for the qualification of PPG under the scheme evaluation induced by CAPES.

segundo a sistemática de avaliação da CAPES.

**Palavras-chave:** sistema de avaliação, CAPES, análise discriminante. **Key words:** evaluation system, CAPES, discriminant analysis.

## 1. Introdução

A CAPES (Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) é o órgão do Governo Federal responsável pela abertura, funcionamento e avaliação dos cursos de pós-graduação no Brasil. Esta vem desempenhando papel central na elaboração e condução dos rumos da pós-graduação no país (Velloso, 2005), por meio da avaliação sistemática de Programas de Pós-Graduação (PPGs) e dos meios de divulgação de resultados científicos utilizados por pesquisadores brasileiros. O sistema de avaliação da CAPES serve de instrumento para a comunidade universitária na indução de um padrão de excelência acadêmica para os mestrados e doutorados nacionais. Os resultados da avaliação servem de base para a formulação de políticas para a área de pós-graduação, bem como para o dimensionamento das ações de fomento (bolsas de estudo, auxílios e apoios) (CAPES, 2008a).

Criada em 1951, a CAPES tem por objetivo auxiliar na formação de pessoal qualificado em quantidade suficiente para suprir necessidades de organizações públicas e privadas cujas iniciativas fomentassem o desenvolvimento econômico. A criação da CAPES fundamentou-se na percepção do governo brasileiro acerca da importância que o capital humano e o domínio do conhecimento científico e tecnológico eram condições indispensáveis ao desenvolvimento de qualquer nação (CAPES, 2009).

A pós-graduação no Brasil adquiriu grande importância no sistema de ensino superior brasileiro, tendo passado por notável crescimento nos últimos anos (Sousa, 2008). Na Figura 1 pode-se observar esse crescimento. Esse conjunto de dados permite confirmar a expansão do Sistema Nacional de Pós-Graduação nos últimos anos, crescimento representado por outros indicadores, tais como: número de programas, quantidade de cursos, alunos novos, alunos matriculados e titulações anuais.

Dada a evolução apresentada, pode-se inferir, pelo menos em volume, que as políticas adotadas pela CAPES têm-se mostrado exitosas no direcionamento da pós-graduação brasileira. Segundo a CAPES (2009), tais políticas têm dado destaque para algumas ações como: (i) adoção de políticas de fomento aos programas de mestrado e doutorado; (ii) concessões de bolsas no país e no exterior; (iii) desenvolvimento sistemático de um método de avaliação respeitando as especificidades das áreas; (iv) criação de uma política de cooperação internacional; e (v) pré-disposição em rever constantemente os resultados de suas ações e reorientando-as quando necessário.

Este estudo visa discutir qual a possibilidade de identificar variáveis macroscópicas determinantes da classificação dos PPGs nos estratos de avaliação da CAPES, bem como quantificar os níveis associados, para essas variáveis, nos diferentes estratos. O foco de análise foram os dados da área Engenharia III. Trabalho similar foi realizado por Miranda e Almeida (2003), porém com uma abordagem distinta da apresentada neste estudo. A reavaliação de dados dessa natureza é relevante, haja vista à mudança de população e parâmetros de avaliação a que é submetida a pós-graduação brasileira, ainda em processo de consolidação.

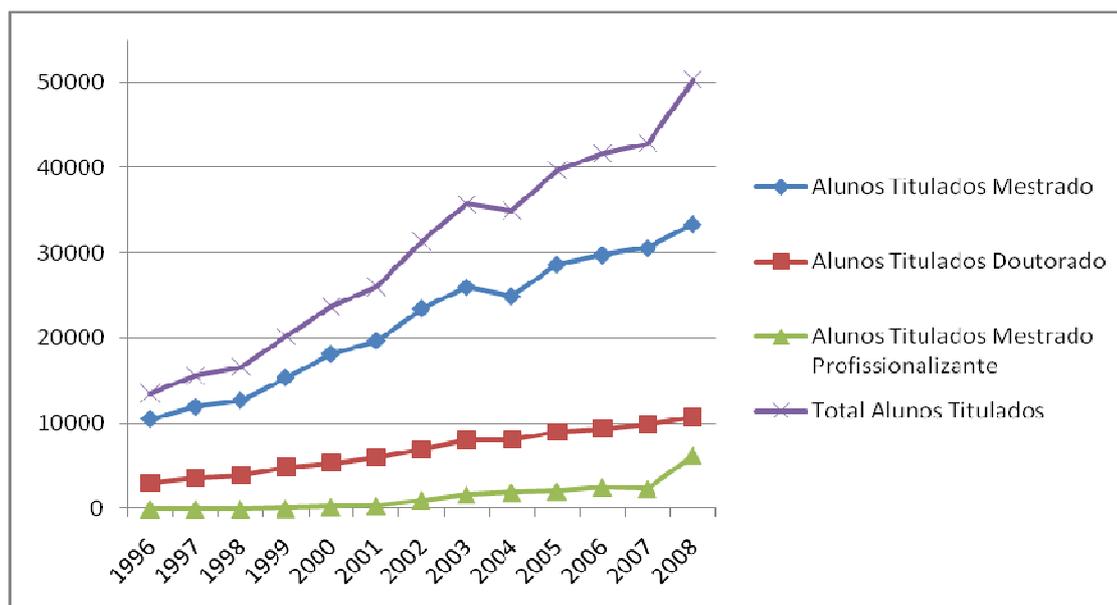


Figura 1: Evolução do número de alunos de pós-graduação no Brasil entre 1996 e 2007. (Fonte: CAPES, 2009).

Na época de fundação da CAPES, praticamente não havia oferta de pós-graduação no Brasil (CAPES, 2001). Nesse mesmo período, o volume de estudantes de graduação representava cerca de 60.000 pessoas. Esse quadro dá dimensão da demanda reprimida naquela época e da necessidade de uma proposta de formação superior em termos de desenvolvimento e provimento de meios e critérios para de qualificação do capital intelectual nacional. Em 1976 havia 28.642 alunos matriculados em cursos de pós-graduação, tendo sido titulados 2.387 alunos. Destes, somente 188 doutores. Já em 2000, havia 120.336 alunos matriculados, tendo sido titulados 23.718 alunos, sendo destes 5.344 doutores. De 1994 a 2001, dobrou o número de artigos de cientistas brasileiros publicados em revistas de referência internacional. Até 2005 o número de doutores elevou-se substancialmente, atingindo o patamar de 10.000 doutores. Tais números fazem do Brasil, o 21 lugar em produção científica e tecnológica em âmbito mundial (CAPES, 2008a).

Segundo dados da CAPES, até 2009 esta reconheceu 2.806 programas de pós-graduação, com cursos de mestrado acadêmico (2.503 cursos), doutorado (1.457 cursos) e mestrado profissionalizante (261 cursos). Na área Engenharia III encontravam-se cadastrados, em 2009, 98 programas, contabilizando 140 cursos (77 de mestrado, 43 de doutorado e 10 mestrados profissionalizantes).

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Sistemas de Medição de Desempenho e a Avaliação dos Programas de Pós-Graduação pela CAPES

A importância de um sistema de medição de desempenho é vinculada ao pressuposto de que o que não pode ser medido, não pode ser gerenciado (Goldratt, 1996). Um sistema de medição de desempenho possibilita que decisões e ações sejam tomadas com base em informações porque ele quantifica a eficiência e a eficácia de decisões passadas por meio da aquisição, compilação, arranjo, análise, interpretação e

disseminação de dados adequados (Neely, 1999). Mergulhão e Martins (2008) afirmam o papel do sistema de medição como sustentador da tomada de decisão e estabelecem atividades necessárias essenciais (aquisição, compilação, arranjo, análise, interpretação e disseminação) para o funcionamento de tal sistema. Os resultados de uma avaliação de desempenho proporcionam maior compreensão sobre o todo, orientando ações estratégicas e táticas acerca de forças e fraquezas do sistema.

Para Neely *et al.* (2000), um sistema de monitoramento de desempenho pode ser observado em três níveis diferentes: (i) o nível das medidas de desempenho individuais, associadas aos objetivos e à estratégia traçada para a organização; (ii) o nível da interação entre as medidas de desempenho; e (iii) o nível da interação do sistema com os ambientes interno e externo. Assim, um sistema de medição de desempenho deve ser composto por critérios de desempenho, padrões e medidas que permitam o planejamento, a programação, o monitoramento e o controle dos recursos a fim de satisfazer as necessidades dos clientes e atingir as metas da Organização (Dias *et al.*, 2007). Um aspecto importante associado à dimensão interna é que o sistema precisa ser consistente e conversar com a cultura organizacional (Mergulhão e Martins, 2008).

Desde 1977, a CAPES realiza avaliações de desempenho dos programas de pós-graduação em todo o país. Genericamente, pode-se afirmar que o sistema de medição de desempenho desenvolvido para os PPGs engloba fatores no âmbito de pesquisa e de ensino, com foco nas dimensões qualidade, relevância e abrangência do produto intelectual gerado.

Esse enfoque torna-se mais claro pelo processo de acompanhamento estabelecido, operacionalizado pela observação dos documentos de área e pela contínua sistemática de ações no sentido do aperfeiçoamento docente e discente, na elevação gradativa dos padrões mínimos de qualidade requeridos e da elevação de oferta de cursos de formação *stricto sensu* (CAPES, 2008b). A expansão dos cursos de pós-graduação no país a partir do início dos anos 90 criou a necessidade de aprimoramento dos indicadores de classificação dos PPGs. Atualmente, a avaliação é trienal, dividida em 46 áreas de conhecimento, geridas por Comitês de Área específicos. O processo de avaliação envolve mais de 800 docentes, que participam como avaliadores em suas áreas de origem (CAPES, 2008b).

A dimensão relevância também pode ser observada pelo estímulo à produção de patentes e de intercâmbios com centros de pesquisa em outros países, visando desenvolver um contexto de produção capaz de impulsionar a evolução de toda a pós-graduação nacional mediante metas e desafios que expressem os avanços da ciência e da tecnologia (CAPES, 2008b).

Operacionalmente, a avaliação de desempenho baseia-se em cinco quesitos desdobrados em vários subquesitos, por meio de um documento denominado "Ficha de Avaliação", conforme apresentado na Figura 2. Os quesitos e subquesitos são avaliados de duas formas: uma quantitativa e outra qualitativa. Alguns quesitos e/ou subquesitos são conceitos avaliados através de variáveis métricas. Outros são fruto da análise e interpretação de avaliadores externos, pares em termos de área de pesquisa, conforme parâmetros estipulados pelos Comitês de Área da CAPES. Tipicamente, os conceitos gerados em cada subquesito seguem uma escala de 5 pontos, em ordem crescente: D – Deficiente; F – Fraco; R – Regular; B – Bom; e MB – Muito Bom.

#### **QUESITO I - PROPOSTA DO PROGRAMA - (sem peso)**

1. Coerência, consistência, abrangência e atualização das áreas de concentração, linhas de pesquisa e projetos em andamento (pesquisa, desenvolvimento e extensão).
2. Coerência, consistência, abrangência da estrutura curricular.
3. Infra-estrutura para ensino, pesquisa e extensão.

#### **QUESITO II - CORPO DOCENTE (Peso = 25%)**

- II.1 - Formação (titulação, diversificação na origem de formação, aprimoramento e experiência)
- II.2 - Adequação da dimensão, composição e dedicação dos DOCENTES PERMANENTES para o desenvolvimento das atividades de ensino, pesquisa e orientação do programa.
- II.3 - Perfil, compatibilidade e integração do corpo docente permanente com a Proposta do Programa
- II.4 - Atividade docente e distribuição de carga letiva entre os docentes permanentes
- II.5 - Participação dos docentes nas atividades de ensino e pesquisa na GRADUAÇÃO
- II.6 - Participação dos docentes em pesquisa e desenvolvimento de projetos

#### **QUESITO III - CORPO DISCENTE, TESES E DISSERTAÇÕES (Peso = 30%)**

- III.1 - Orientações de teses e dissertações concluídas no período de avaliação em relação ao corpo docente permanente e à dimensão do corpo discente
- III.2 - Adequação e compatibilidade da relação orientador/discente
- III.3 - Participação de discentes autores da pós-graduação e da graduação na produção científica do programa.
- III.4 - Qualidade das Teses e Dissertações: Teses e Dissertações vinculadas a publicações
- III.5 - Qualidade das Teses e Dissertações: outros indicadores
- III.6 - Tempo médio de titulação dos bolsistas de mestrado

#### **QUESITO IV - PRODUÇÃO INTELECTUAL (Peso = 35%)**

- IV.1 - Publicações qualificadas do Programa por docente permanente
- IV.2 - Distribuição de publicações qualificadas em relação ao corpo docente permanente
- IV.3 - Outras produções consideradas relevantes, à exceção da artística

#### **QUESITO V - INSERÇÃO SOCIAL (Peso = 10%)**

- V.1 - Inserção e impacto regional e (ou) nacional do programa
- V.2 - Integração e cooperação com outros programas com vistas ao desenvolvimento da pesquisa e da pós-graduação
- V.3 - Visibilidade ou transparência dada pelo programa à sua atuação

Figura 2: Indicadores de desempenho – Ficha de Avaliação. (Fonte: CAPES, 2009).

Conforme os pesos estabelecidos pelos Comitês de Área, as avaliações dos subquesitos são ponderadas em uma avaliação final, a qual segue uma escala de 7 pontos (1 a 7). Cursos ingressantes no SMD da CAPES recebem, geralmente, conceito 3 durante o primeiro triênio. PPGs com conceito maior ou igual a 3 tem seu diploma validado e reconhecido nacionalmente. A classificação de um programa é relativa ao lócus de sua área na avaliação específica. A progressão na escala é também ponderada pelas modalidades de cursos ofertados. Assim, programas que ofereçam apenas mestrado têm seu conceito limitado superiormente a 5. Programas com conceito igual ou superior a 6 são considerados programas referendados internacionalmente. Em termos pragmáticos, esse critério significa que a progressão de um PPG em termos de avaliação deve representar um avanço mínimo significativo para sua área de

conhecimento. Em outras palavras, um avanço individual em termos de avaliação no triênio indica uma melhoria do programa em relação à média de sua área. Da mesma forma, em essência, se todos os PPGs de uma mesma área produzirem avanços similares, a probabilidade de que permaneçam com a mesma graduação do triênio anterior passa a ser grande.

Os resultados da avaliação da CAPES têm forte influência em programas de alocação de recursos públicos, como é o caso do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e da Financiadora de Projetos (FINEP). Essas evidências indicam o peso do sistema de medição de desempenho desenvolvido pela CAPES frente às políticas públicas de financiamento da pesquisa no País.

## 2.2. A Área Engenharia III da CAPES

Os programas classificados como Engenharias III pela CAPES oferecem cursos de mestrado (acadêmicos e profissionais) e doutorados nas seguintes áreas do saber: Engenharia Mecânica, Engenharia Aeronáutica, Engenharia de Produção, Engenharia e Tecnologias Espaciais, Engenharia de Petróleo, Engenharia Oceânica, Engenharia Mecatrônica, Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Engenharia Automotiva, Engenharia Naval, Engenharia de Energia, Metrologia e Logística e Pesquisa Operacional.

Dos 71 programas avaliados em 2006, últimos dados disponibilizados pela CAPES (2009), 58 estão avaliados dentre os menores conceitos, 3 e 4 (81,7%), e apenas 13 programas estão avaliados dentre os conceitos 5, 6 e 7 (18,3%). A Tabela 1 apresenta a distribuição de programas segundo sua classificação.

Tabela 1: Distribuição dos Cursos da Área Engenharias III por Conceito CAPES. (Fonte: Adaptado de CAPES, 2009).

Conceito	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada
7	2	2,8%	2,8%
6	4	5,6%	8,5%
5	7	9,9%	18,3%
4	25	35,2%	53,5%
3	33	46,5%	100,0%
	71	100%	

Outro dado relevante para fins de análise é o tempo de existência dos programas e sua ligação com o conceito atribuído. Dos programas compreendidos entre os conceitos 5 e 7, nove têm pelo menos 15 anos de existência. Nos programas de menor avaliação, compreendidos entre os conceitos 3 e 4, 41 têm menos de 15 anos de existência, o que caracteriza que o fenômeno do surgimento de programas de pós-graduação em Engenharia III, de forma geral, é bastante recente. Essa perspectiva pode ser observada na Figura 3, que também permite observar o incremento da taxa de abertura programas de mestrado ao longo do tempo, especialmente nos anos 1990 a 2005.

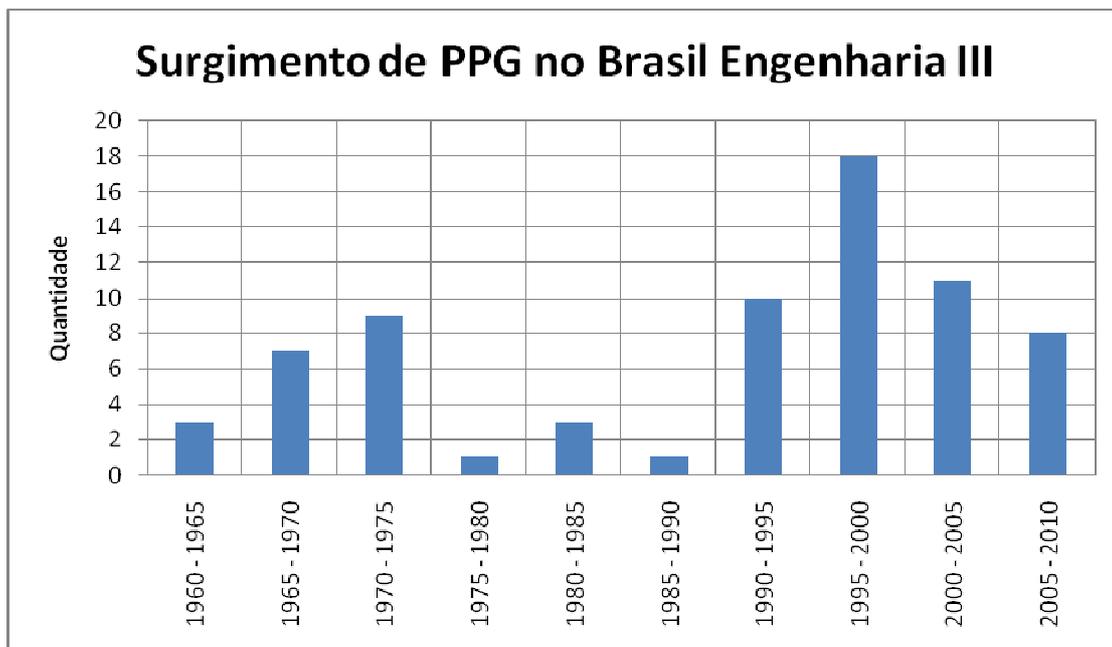


Figura 3: Evolução do número de PPG Engenharia III no Brasil (Fonte: Adaptado de CAPES, 2009).

### 2.3. Análise Discriminante

Segundo Hair *et al.* (2009), a análise discriminante é a técnica estatística apropriada para testar a hipótese nula de que as médias variáveis independentes de dois ou mais grupos são as mesmas. Esta técnica utiliza variáveis independentes métricas para prever uma única variável dependente não-métrica. Malhotra (2001) define a análise discriminante como a técnica de análise de dados onde a variável dependente é categórica e as variáveis independentes têm natureza intervalar.

Ainda de acordo com Malhotra (2001) e Ferreira (2007), a análise discriminante tem os seguintes objetivos:

- (i) Estabelecer funções discriminantes, ou combinações lineares das variáveis independentes ou preditoras, que melhor discriminem entre as categorias da variável dependente;
- (ii) Verificar se existem diferenças significativas entre os grupos, em termos das variáveis preditoras;
- (iii) Determinar as variáveis preditoras que mais contribuem para as diferenças entre grupos;
- (iv) Classificar os casos em um dos grupos, com base nos valores das variáveis preditoras;
- (v) Avaliar a precisão da classificação.

De acordo com Hair *et al.* (2009) para que a técnica de Análise Discriminante possa ser empregada, algumas condições devem ser observadas, tais como: normalidade multivariada das variáveis independentes, homogeneidade das matrizes de variância e covariância, ausência de multicolinearidade e linearidade.

A análise discriminante examina as diferenças dos grupos, descobrindo uma ou mais combinações lineares das variáveis independentes (função discriminante), capazes de identificar diferenças entre as médias dos grupos. O número de funções discriminantes geradas é igual ao número de grupos da variável

de resposta, menos um. O modelo de função discriminante  $Z$  é dado por combinações lineares, conforme a equação 1:

$$z_i = \beta_{0,i} + \beta_{1,i}x_1 + \beta_{2,i}x_2 + \dots + \beta_{n,i}x_n + \varepsilon_i \quad (1)$$

onde:  $z_i$  = escore discriminante;  $\beta_{k,i}$  = coeficiente ou peso discriminante;  $x_i$  = variável independente (preditora); e  $\varepsilon_i$  é o erro de discriminação.

## 2.4. Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho de pesquisa foi realizado com base em um levantamento documental de informações disponibilizadas pela CAPES em seu website ([www.capes.gov.br](http://www.capes.gov.br)). Os documentos lá apresentados foram selecionados por representarem informação oficial desse órgão, quanto ao posicionamento e classificação dos PPGs na área selecionada para análise. Com base nesse levantamento de informações, procedeu-se à compilação de dados relevantes para avaliar quantitativamente se dados referenciais macroscópicos podem ser um indicativo de qualificação do programa na área. Para tanto, o procedimento técnico de análise utilizado foi a Análise Discriminante.

A Análise Discriminante objetiva entender diferenças de grupos e prever a probabilidade de que uma entidade (indivíduo ou objeto) pertencerá a uma classe ou grupo em particular com base em diversas variáveis. Conforme apresentado anteriormente, é necessário, para fins de uso da Análise Discriminante, a consideração de seus pressupostos de aplicação. A primeira recomendação é relativa à densidade de observações por categoria. Segundo Hair *et al.* (2009), deve-se ter pelo menos 5 observações por categoria e o número de casos deve ser tal que haja pelo menos 5 observações por variável. Dado que a amostra contém 71 registros, um máximo de 14 variáveis poderiam ser consideradas.

A variável dependente utilizada foi o conceito CAPES, mas, para atender à recomendação apresentada, os cursos de classificação 6 ou 7 foram considerados pertencentes a uma mesma categoria. Essa alteração dos dados não necessariamente fere os resultados, dado que os critérios de excelência associados ao programa ProEX da CAPES (2009) são qualitativos, para distinção de cursos 6 e 7, e fogem ao escopo do estudo ora realizado.

O primeiro pressuposto testado foi a normalidade dos dados, a qual foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Desse teste resultou a necessidade de transformação de algumas das variáveis de teste, dada a não existência de normalidade. Os ajustes necessários foram feitos por meio da transformação de Johnson (Hair *et al.*, 2009).

Dada a restrição sobre o número de variáveis, apresentada anteriormente, as variáveis independentes selecionadas foram critérios de avaliação macroscópicos. Cabe ressaltar que, de acordo com a delimitação e o objetivo proposto para o trabalho, os indicadores usados não compõem a totalidade dos indicadores de referência da CAPES. Assim, foram utilizados apenas aqueles que compõem o quadro geral denominado "Engenharias III CAPES", os quais representam subquestos dos quesitos III e IV do documento "Ficha de Avaliação". Os critérios utilizados foram: (i) tempo: tempo de existência dos programas (mestrado e doutorado); (ii) docentes: número de docentes permanentes; (iii) teses: número de teses por docente por

ano; (iv) dissertações: número de dissertações por docente por ano; artigos completos publicados por docente por ano, em periódicos técnico-científicos, conforme estratos vigentes na época: (v) IA: internacional A; (vi) IB: internacional B; (vii) NA: nacional A; número de artigos publicados por docente por ano, em congressos científicos, conforme os estratos vigentes na época (ix) CIA: internacional A; (x) CIB: internacional B; (xi) CNA: nacional A. As demais variáveis não se mostraram relevantes para fins de análise, apesar de testadas durante o processo de exploração realizado.

Para fins de validação dos modelos obtidos usou-se o procedimento de validação cruzada, o qual trata n-1 observações por grupo como dados para ajuste e avalia a capacidade de predição sobre o caso restante. Essa abordagem é pode ser usada em amostras pequenas (Hair *et al.*, 2009), ainda que seja mais recomendável reservar cerca de 40% da amostra para o processo de validação. Dado o tamanho reduzido do conjunto de dados existente, a validação cruzada foi utilizada. Os resultados obtidos foram analisados para geração de conclusões e discussão, para apresentação à comunidade científica.

### 3. Resultados e Discussão

Inicialmente foram considerados os pressupostos multivariados requeridos sobre os dados. Não foram evidenciadas correlações elevadas entre as variáveis selecionadas como preditoras, sendo a correlação de maior força representada por 0,5. Conforme Hair *et al.* (2009) esse valor pode ser considerado aceitável, ainda que marginal. O par de variáveis em consideração associa participação em congressos internacionais A e B. Assim, de modo a evitar colinearidade entre as variáveis preditoras, foi removida a variável referente ao número de participações em congressos internacionais B. Para o teste ao pressuposto de igualdade das matrizes de variância e co-variância, foi usado inicialmente o Teste M de Box. Este rejeitou a hipótese nula de igualdade. No entanto, Hair *et al.* (2009) afirmam que esse teste pode ser excessivamente dependente do tamanho dos subgrupos e da normalidade dos dados. Assim, foi realizada uma estimativa comparativa das variâncias em cada subgrupo, como recomendado por esses autores. O resultado foi considerado suficiente para não rejeitar o pressuposto do teste, continuando-se assim, a análise.

Para estimação das funções discriminantes foi usado o procedimento *stepwise*. A primeira variável a ser considerada foi 'teses' (número de teses por docente por ano). A ela seguiram-se as variáveis 'IA' (número de publicações internacional A) e 'NA' (número de publicações nacional A). As demais variáveis não se mostraram significantes para discriminação dos grupos. Os critérios usados basearam-se na distância  $D_2$  de Malahanobis. As funções geradas foram consideradas significantes a um nível de 5% ( $p=0,000$ ). Ao final do processo foram geradas três funções discriminantes, dadas, na forma canônica, pela equação 2.

$$\begin{aligned} z_1 &= 0,764.IA + 0,484.NA + 0,761.Te + \varepsilon_1 \\ z_2 &= 0,325.IA + 0,948.NA - 0,520.Te + \varepsilon_2 \\ z_3 &= 0,724.IA - 0,262.NA - 0,408.Te + \varepsilon_3 \end{aligned} \quad (2)$$

Essas funções conseguem explicar, conjuntamente, cerca de 90,9% da variação canônica da variável Conceito CAPES, conforme mostra a Tabela 2. Observa-se, também na Tabela 2, que a terceira função discriminante não é considerada significativa, pelo Teste Lambda de Wilks, para determinação do conceito CAPES, sendo desconsiderada, para fins de análises subsequentes.

Tabela 2: Análise da significância das funções discriminantes obtidas.

Função	Autovalor	% da Variância	% Cumulativo	Correlação Canônica	% da Variância Explicada da Resposta	Significância da Função Discriminante
1	2,032 <sup>a</sup>	86,7	86,7	,819	67,07	0,000
2	,312 <sup>a</sup>	13,3	100,0	,488	23,81	0,001
3	,000 <sup>a</sup>	0,0	100,0	,001	0,00	0,995

a. As três funções foram analisadas para esta análise

A seguir foi avaliada a capacidade de ajuste geral do modelo, de modo a determinar o nível de assertividade preditiva das funções discriminantes. Este resultado é obtido pelo percentual de classificações corretas dos casos por meio das funções discriminantes. A Tabela 3 mostra que as duas funções discriminantes significantes, em combinação, atingem um grau de assertividade de classificação de 69% dos casos originalmente agrupados e, no caso da validação cruzada, 63,4% dos casos.

Tabela 3: Previsão de classificação das funções discriminantes.

	Conceito CAPES	Previsão de Classificação				Total
		3	4	5	6	
<b>Original</b>	<b>3</b>	30 (90,9%)	3 (9,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	33
	<b>4</b>	8 (32,0%)	13 (52,0%)	3 (12,0%)	1 (4,0%)	25
	<b>5</b>	0 (0,0%)	2 (28,6%)	3 (42,9%)	2 (28,6%)	7
	<b>6 e 7</b>	0 (0,0%)	1 (16,7%)	2 (33,3%)	3 (50,0%)	6
<b>Validação Cruzada</b>	<b>3</b>	28 (84,8%)	5 (15,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	33
	<b>4</b>	8 (32,0%)	12 (48,0%)	4 (16,0%)	1 (4,0%)	25
	<b>5</b>	0 (0,0%)	3 (42,9%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	7
	<b>6 e 7</b>	0 (0,0%)	1 (16,7%)	2 (33,3%)	3 (50,0%)	6

A Figura 4 mostra o mapa territorial gerado pelas funções discriminantes, indicando as regiões onde se concentram os cursos com as diferentes categorizações da CAPES. Observe-se, particularmente, a estreita região associada com os cursos de classificação 4. Em comparação, a Figura 5 mostra a dispersão dos casos segundo as funções discriminantes, corroborando a percepção de que as mesmas auxiliam na compreensão dos fatores macroscópicos que colaboram para a classificação dos estratos CAPES no contexto da Engenharia III.

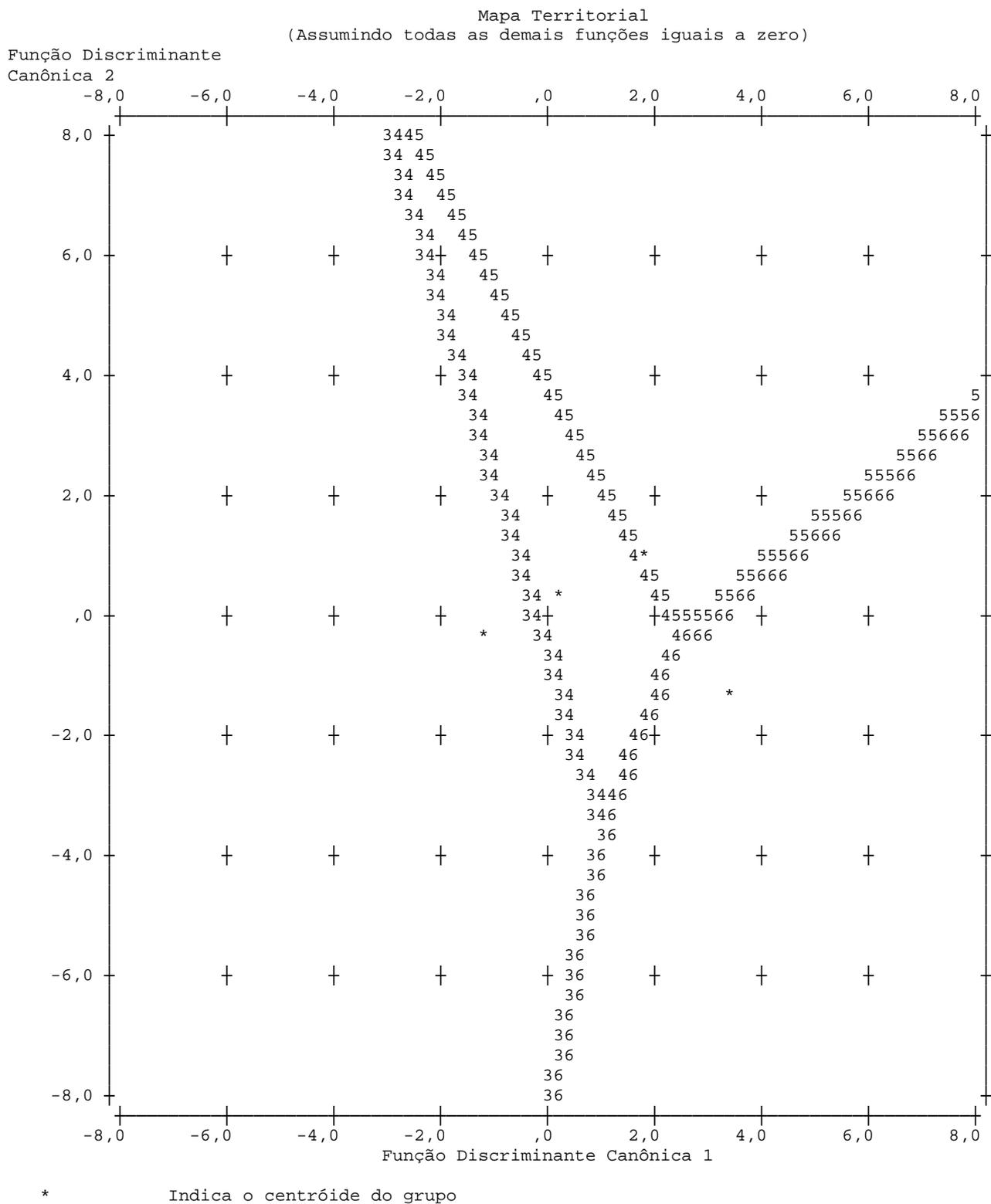


Figura 4: Mapa territorial associado às funções discriminantes 1 e 2.

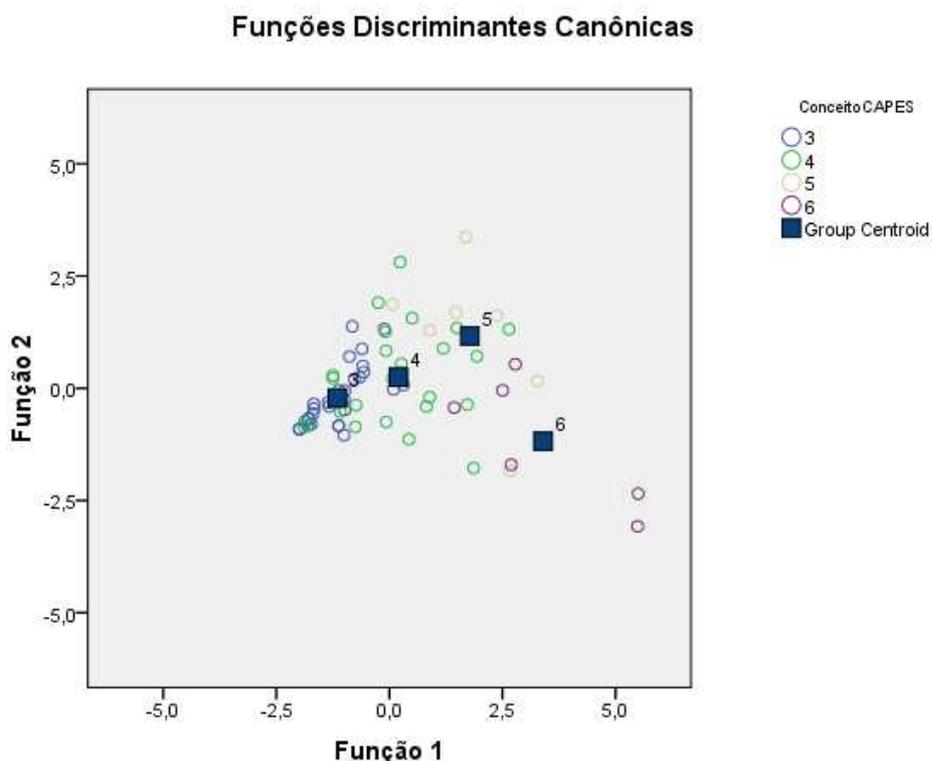


Figura 5: Dispersão de casos segundo as funções discriminantes 1 e 2.

A Tabela 4 apresenta os valores numéricos, em escala padronizada, dos centróides de cada categoria. Considerando os valores apresentados para as funções 1 e 2, observa-se o forte crescimento da função 1 conforme a progressão do conceito CAPES. Essa função, conforme apresentado na Equação 2, é fortemente associada à produção de teses e publicações internacionais padrão A. O centróide negativo na categoria 3 pode ser compreendido dado que tais cursos não possuem modalidade de doutorado. Além disso, a inserção internacional é, tipicamente, ainda fraca nessa categoria. No caso da função discriminante 2, observa-se forte associação com a produção nacional e o coeficiente negativo associado à produção de teses. Dado que o centróide é negativo para a categoria dos cursos 6 e 7, isso reforça a produção de teses como diferenciador dessa categoria. No que tange à discriminação entre as demais categorias, pode-se observar o forte coeficiente associado às publicações referenciadas de padrão nacional A. Os resultados podem ser comparados com os apresentados na Tabela 5, na qual se pode perceber que a taxa de publicações internacionais A por ano por docente tende a crescer quase um desvio padrão por estrato. O mesmo vale para as publicações nacionais A, exceto no estrato dos cursos 6 e 7, o qual apresenta taxas de produção de teses e dissertações expressivamente superiores às obtidas nos demais estratos.

Tabela 4: Centróides das categorias segundo as funções discriminantes.

Conceito CAPES	Função Discriminante		
	1	2	3
3	-1,150	-,219	,000
4	,205	,246	-,001
5	1,778	1,164	,001
6 e 7	3,399	-1,179	,000

Tabela 5: Médias e desvios-padrão das variáveis por categorias de classificação da CAPES, por ano, por docente.

Conceito CAPES	3		4		5		6 e 7		Geral	
N	33		25		7		6		71	
Variável (por docente por ano)	Média	Desvio Padrão								
Artigos IA	0,167	0,1676	0,319	0,2617	0,496	0,4262	0,677	0,1626	0,296	0,2797
Artigos IB	0,045	0,0795	0,098	0,058	0,149	0,1002	0,158	0,0745	0,084	0,0835
Artigos NA	0,045	0,0536	0,102	0,1069	0,194	0,1452	0,067	0,0324	0,082	0,0958
Artigos NB	0,101	0,1003	0,150	0,1329	0,192	0,1274	0,159	0,0944	0,132	0,1169
Teses	0,006	0,0174	0,069	0,0941	0,127	0,1139	0,332	0,2164	0,068	0,1257
Dissertações	0,316	0,4021	0,352	0,3914	0,372	0,1053	0,638	0,1809	0,361	0,3706
Congressos IA	0,095	0,1602	0,150	0,1744	0,148	0,1154	0,412	0,2881	0,146	0,1911
Congressos NA	0,816	0,9316	0,895	0,4204	1,648	1,1210	0,789	0,2888	0,924	0,7942

#### 4. Considerações Finais

No contexto estudado, considerando os resultados gerais da análise discriminante realizada sobre os dados disponíveis no site da CAPES, algumas conclusões podem ser estabelecidas. Primeiramente, pode-se evidenciar a capacidade de indução do sistema de medição de desempenho estabelecido pela CAPES, dado que, mesmo com indicadores macroscópicos (número de publicações internacionais A, número de publicações nacionais A e número de teses) unitizados por docente e por ano é possível explicar cerca de dois terços da variação da categorização dos PPGs na área Engenharia III. Esse potencial de indução refere-se às variáveis utilizadas, relacionadas diretamente à comunicação de produção acadêmica à comunidade científica.

A aplicação da análise discriminante gerou duas contribuições, na percepção dos autores: (i) permite que se evidenciem quais são as variáveis macroscópicas que discriminam a categorização entre os estratos da CAPES na área da Engenharia III; e (ii) permite estabelecer uma discussão sobre os elementos quantitativos e metas mínimas a serem buscadas para essas variáveis, ainda que considerando o contexto *ceteris paribus*, isto é, sem alteração. Reitera-se que a classificação é realizada de modo *ex-post facto* e depende da produção relativa entre os PPGs. Assim, assumindo-se que todos os programas mantenham o padrão estabelecido, os dados e classificações anteriormente apresentados prestam-se ao estabelecimento de balizadores mínimos para que um dado PPG dessa área almeje progressão nos estratos da CAPES. Ainda assim, esta análise não substituirá uma ação estratégica mais ampla, se for esse o uso dado aos resultados ora apresentados.

Como limitações da pesquisa, observa-se que as funções obtidas apresentam capacidade limitada de discriminação, não sendo suficientes para identificar os fatores que definem integralmente a classificação CAPES nessa área. Essa limitação, de certa forma, já era esperada, dado que o volume de dados é pequeno para sustentar uma aplicação mais contundente da técnica de análise discriminante e, principalmente, porque os resultados do sistema de avaliação da CAPES possuem um componente subjetivo, que pode influenciar de forma significativa na classificação de um PPG.

Por fim, este trabalho deve ser encarado como uma pesquisa exploratória. Nesse sentido, auxilia a ter compreensão sobre os fatores mais relevantes que delineiam a classificação CAPES na área Engenharia

III, possibilitando melhor foco sobre futuras decisões. No entanto, não tem poder conclusivo suficiente para substituir análises estratégicas criteriosas sobre o posicionamento de PPG, bem como sobre as formas de melhor atender aos preceitos da pesquisa científica de qualidade de forma concomitante com os indicadores de desempenho preconizados pela CAPES.

## Referências

- CAPES. 2001. *Documento de Área. Relatório da Avaliação 1998-2000 - Engenharias III*, Julho.
- CAPES. 2008a. *Planilhas comparativas da avaliação trienal 2007*. Disponível em <http://www.capes.gov.br/avaliacao/planilhas-comparativas-da-trienal-2007>. Acesso em: 10/12/2008.
- CAPES. 2008b. *Sistema de Indicadores de Resultados*. Disponível em <http://www.capes.gov.br/avaliacao/sistema-de-indicadores-de-resultados>. Acesso em: 10/12/2008.
- CAPES. 2009. Estatísticas da Pós-Graduação. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/sobre-a-capes/estatisticas>. Acesso em: 05/07/2009.
- DIAS, S.L.V.; CAULLIRAUX, H.; ANTUNES JR., J.A.V.; LACERDA, D. 2007. Alinhamento entre Sistemas de Produção, Custo e Indicadores de Desempenho: Um Estudo de Caso. *Revista Produção On-Line*, **7**(2):144-169.
- FERREIRA, M.R.P. 2007. Análise Discriminante Clássica e de Núcleo: Avaliações e Algumas Contribuições Relativas aos Métodos Boosting e Bootstrap. Recife, PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 94 p.
- GOLDRATT, E.M. 1996. *A Síndrome do Palheiro - Garimpando Informações num Oceano de Dados*. São Paulo, Educator, 244 p.
- HAIR JR., J.F.; ANDERSON R.E.; TATHAN, R.L.; BLACK, W.C. 2009. *Análise Multivariada de Dados*. 6ª ed., Porto Alegre, Bookman, 729 p.
- MALHOTRA, N. 2001. *Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada*. Porto Alegre, Bookman, 719 p.
- MERGULHÃO, R.C.; MARTINS, R.A. 2008. Relação entre sistemas de medição de desempenho e projetos Seis Sigma: estudo de caso múltiplo. *Revista Produção*, **18**(2):342-358.
- MIRANDA, C.M.G.; ALMEIDA, A.T. 2003. Avaliação de pós-graduação com método ELECTRE TRI – o caso de Engenharias III da CAPES. *Revista Produção*, **13**(3):101-112.
- NEELY, A. 1999. The performance measurement revolution: why now and what next? *International Journal of Operation & Production Management*, **20**(2):205-228.
- NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K.; RICHARDS, H.; GREGORY, M.; BOURNE, M.; KENNERLEY, M. 2000. Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. *International Journal of Operations & Production Management*, **20**(10):1119-1145.

SOUSA, E.F. 2008. *O Discurso da CAPES para a Avaliação dos Programas de Pós-Graduação: da Desfragmentação à Comunicação em Rede*. Brasília, DF. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, 306 p.

VELLOSO, J. 2005. *A Pós-Graduação no Brasil: Formação e Trabalho de Mestres e Doutores no País*, Vol. 1. Brasília, Editora UNB, 205 p.

Submetido em: 23/09/2009

Aceito em: 26/11/2009