

# O APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACADÊMICO DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS

**Bruno Carlos da S. Sousa**

EEIMVR/PUVR/UFF, Av. dos Trabalhadores 420, Vila Santa Cecília, 27255-125, Volta Redonda, RJ, brunocarloss@hotmail.com

**Luis Alberto Duncan Rangel**

EEIMVR/PUVR/UFF, Av. dos Trabalhadores 420, Vila Santa Cecília, 27255-125, Volta Redonda, RJ, duncan@metal.eeimvr.uff.br

**Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes**

Ibmec/RJ, Av. Presidente Wilson 118, 20030-020, Rio de Janeiro, RJ, autran@ibmecrj.br

**Silvana Valitutto Duncan Rangel**

EEIMVR/PUVR/UFF, Av. dos Trabalhadores 420, Vila Santa Cecília, 27255-125, Volta Redonda, RJ, silvana@metal.eeimvr.uff.br

## Resumo

Este artigo apresenta uma aplicação do Apoio Multicritério à Decisão à avaliação de estudantes de engenharia de produção. O desempenho acadêmico de estudantes universitários é geralmente avaliado pelo Coeficiente de Rendimento (CR), obtido ao longo do curso superior. Esta forma de análise tende a ser simplista, pois considera exclusivamente as notas obtidas nas disciplinas e o número de faltas ao longo do curso. A avaliação aqui apresentada é mais abrangente do que a avaliação tradicional de estudantes, pois engloba a participação dos estudantes em diferentes atividades extraclasse que são oferecidas ao alunato. Emprega-se o método PROMÉTHÉE II como instrumental técnico de tal avaliação. O enfoque adotado neste artigo permite se considerar, na avaliação, além do CR, múltiplos critérios, tais como: Projetos de IC, Monitoria, Extensão, Empresa Junior e Artigo Técnico. Conclui-se pela propriedade de uso do enfoque multicritério para se avaliar estudantes, sugerindo-se o aprimoramento adicional do mesmo.

**Palavras-chave:** Avaliação de estudantes universitários, Apoio Multicritério à Decisão, Método PROMÉTHÉE II

## Abstract

This article presents an application of Multicriteria Decision Aiding to the evaluation of production engineering students. The academic performance of university students is normally evaluated by the Attainment Coefficient (AC), computed along the program of studies. This way to evaluate students tend to be too simple as it only takes into account grades obtained as well as the number of absences in each course. The evaluation presented in the article is broader than the traditional evaluation of students as it encompasses participation of students in various extra-class activities that are offered by universities. The PROMÉTHÉE II method is used as the tool for such evaluation. The approach behind the use of Multicriteria Decision Aiding allows considering, besides AC, participation in scientific initiation projects, assistantships, extension, junior enterprises, and technical articles. The article closes by affirming the adequacy of the multicriteria approach and a way to improved it is suggested.

**Keywords:** Evaluation of university students, Multicriteria Decision Aiding, PROMÉTHÉE II

## **1. Introdução**

O rendimento acadêmico de estudantes universitários pode ser avaliado sob diversas perspectivas. O aluno universitário realiza avaliações ao longo de seu curso e estará melhor preparado para o mercado de trabalho quanto maior for a nota obtida em suas avaliações. Além disso, se o aluno realiza atividades extracurriculares no decorrer de seu curso de graduação o seu desempenho será ainda maior.

A maioria dos estudantes busca nas universidades apenas a sua graduação, limitando-se às aulas das disciplinas que compõem a grade curricular de seu curso. Os conhecimentos adquiridos em sala de aula por estes alunos muitas vezes só são de fato concretizados no primeiro emprego, quando o aluno se depara com problemas reais. Nestes casos, o estudante sente grande dificuldade em associar o conhecimento teórico obtido nas salas de aula com os problemas práticos que devem ser solucionados.

As universidades oferecem outras atividades extracurriculares essenciais para uma melhor formação de seu corpo discente, como estudos de Iniciação Científica, Monitoria, participação em Projetos de Extensão, de Empresas Juniores, Projetos Sociais, dentre outras. Estas atividades muitas vezes passam despercebidas pelos estudantes, que as avaliam como atividades consumidoras de tempo e que não agregam valor, mantendo a atenção exclusiva na busca do Coeficiente de Rendimento (CR). Assim, o CR representa o rendimento acadêmico de um estudante com base no seu desempenho obtido nas disciplinas cursadas durante o seu curso, não levando em consideração qualquer atividade extracurricular que o estudante venha a participar. É considerado um índice importante e representativo, servindo como critério, muitas vezes único, para julgar o desempenho de um aluno, para obtenção de créditos na universidade e até mesmo em alguns casos, na obtenção de um cargo no meio profissional.

Com intuito de avaliar sob outras perspectivas o desempenho de estudantes universitários, este artigo busca, através do emprego de uma metodologia multicritério de análise, avaliar o rendimento acadêmico de estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, empregando, além do CR, outras atividades extracurriculares como critérios de avaliação.

## **2. Universidade Federal Fluminense**

A Universidade Federal Fluminense (UFF) é uma instituição pública criada em 18 de dezembro de 1960, em Niterói, RJ, inicialmente com o nome de Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UFERJ, com a junção de faculdades daquele município. Apenas no dia 5 de novembro de 1965 passou a ter o nome pelo qual é hoje conhecida (COSEAC, 2010).

A UFF é uma entidade federal autárquica de regime especial, com autonomia didático-científica, administrativa, disciplinar, econômica e financeira, exercida na forma de seu Estatuto e da legislação pertinente, formada atualmente por mais de 20.000 alunos matriculados e cerca de 2.600 professores e 4.700 outros funcionários (COSEAC, 2010).

O Pólo Universitário de Volta Redonda (PUVR) é um dos pólos da Universidade Federal Fluminense localizado na cidade de Volta Redonda. Esta unidade oferece cursos de Engenharia de Agronegócios, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica, além dos cursos de Administração de Empresas, Administração Pública, Ciências Contábeis, Matemática, Química e Física Computacional (COSEAC, 2010).

### **2.1. Método de Avaliação de Rendimento**

O indicador atual empregado para calcular o rendimento acadêmico dos alunos da UFF é o Coeficiente de Rendimento (CR). Este índice expressa o aproveitamento acadêmico do aluno na universidade. O cálculo do CR é feito com base nas notas obtidas pelo aluno em todas as disciplinas de seu curso. Calcula-se o CR através da Equação 1 (PROAC, 2010).

$$CR = \frac{(Ch_1.N_1) + (Ch_2.N_2) + \dots + (Ch_n.N_n)}{Ch_1 + Ch_2 + \dots + Ch_n} \quad (1)$$

Nesta equação,  $Ch_i$  representa a carga horária da disciplina  $i$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, n$ ; e  $N_i$  representa a nota obtida pelo aluno na disciplina  $i$ . O CR é atualizado semestralmente de acordo com as disciplinas cursadas pelo aluno em cada semestre e nos semestres anteriores. Para o cálculo do CR, não são consideradas as disciplinas canceladas, as disciplinas dispensadas, o trancamento de matrícula e as atividades complementares (PROAC, 2010).

## 2.2 Atividades Complementares

O PUVR da Universidade Federal Fluminense em Volta Redonda oferece para seus alunos diversas atividades voluntárias para complementarem o seu curso de graduação, permitindo uma maior vivência e treinamento dos conhecimentos teóricos obtidos em sala de aula. Entre estas atividades estão a Iniciação Científica, a Monitoria e os Projetos de Extensão, dentre outras.

### 2.2.1. Iniciação Científica

A Iniciação Científica (IC) é uma atividade que permite introduzir os estudantes de graduação, potencialmente mais promissores, na pesquisa científica. É a possibilidade de colocar o aluno em contato direto com a atividade de pesquisa científica e engajá-lo na pesquisa. Nesta perspectiva, a Iniciação Científica caracteriza-se como instrumento de apoio teórico e metodológico à realização de um projeto de pesquisa e constitui um canal adequado de auxílio para a formação de uma nova mentalidade, com uma clara orientação para produção de conhecimento do aluno.

A finalidade da Iniciação Científica é despertar vocação científica e incentivar talentos potenciais entre estudantes, mediante sua participação em atividades de pesquisa científica ou tecnológica, orientadas por professores pesquisadores qualificados, em instituições de ensino superior, institutos ou centros de pesquisas (CNPq, 2010).

Na UFF, o Programa de Bolsa de Iniciação Científica é gerenciado e coordenado pela Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPPI). Os alunos que demonstram aptidões para o estudo e a pesquisa, e apresentarem um bom desempenho escolar serão fortes candidatos para receberem Bolsa de Iniciação Científica. Na UFF, estas bolsas estão associadas a projetos de pesquisa, elaborados e coordenados por professores orientadores (COSEAC, 2010).

Os professores orientadores são responsáveis pela seleção dos alunos que irão desenvolver o projeto de pesquisa sob a sua orientação. Poucos professores conseguem obter recursos da UFF para implementar o seu projeto de pesquisa de Iniciação Científica. Muitos professores orientadores implementam os seus projetos de IC, com a participação de alunos, sem bolsa oferecida pela UFF. Desta forma, aqueles que conseguem realizar esta atividade, seja ela com ou sem bolsa são considerados bons alunos segundo os professores orientadores responsáveis pelos projetos.

### 2.2.2. Monitoria

A Monitoria é uma atividade de ensino e aprendizagem, realizadas por alunos que já cursaram uma determinada disciplina que oferece monitoria, destinadas a outros alunos regularmente matriculados nas disciplinas que oferecem monitoria. Ela objetiva despertar o interesse pela docência, mediante, o desempenho de atividades ligadas ao ensino, possibilitando a experiência da vida acadêmica e permitindo a aquisição de habilidades em atividades didáticas.

Na UFF, para que o aluno exerça a função de Monitor de uma disciplina, o aluno tem que participar de concurso oferecido pela universidade para o preenchimento de vagas nos Departamentos de Ensino. Exige-se do aluno monitor uma carga horária de 12 horas semanais

na disciplina para a qual prestou concurso. O aluno Monitor selecionado tem direito a uma bolsa remunerada e, no final do programa, que tem a duração de dois períodos letivos consecutivos, o aluno recebe um certificado da UFF (COSEAC, 2010).

Esta atividade é proposta pela UFF para atender as disciplinas para as quais os professores solicitam alunos monitores. Todo ano um número elevado de alunos prestam concurso de monitoria para as vagas oferecidas pelos Departamentos de Ensino, mas normalmente, somente um aluno é selecionado para cada disciplina.

### **2.2.3. Empresa Junior**

As Empresas Juniores são associações sem fins lucrativos, com apenas fins educacionais, formadas exclusivamente por estudantes de nível superior. São formadas por alunos de diferentes cursos e gerenciadas pelos alunos, objetivando fomentar o crescimento pessoal e profissional dos estudantes envolvidos nos projetos a serem desenvolvidos na Empresa.

No PUVR da UFF de Volta Redonda, a Pulso.Con é a empresa Junior de Consultoria em Engenharia e Administração. Esta empresa está proporcionando aos graduandos as condições necessárias para que eles apliquem os conhecimentos teóricos adquiridos na universidade, em projetos práticos no mercado de trabalho. Através destas ações, os alunos realizam estudos, projetos e elaboram diagnósticos de assuntos específicos nas áreas de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica e de Administração. Todos esses projetos são orientados por professores da UFF.

Esta atividade é desenvolvida somente por um pequeno número de alunos membros da Empresa Junior. Todo ano a própria Empresa seleciona alunos para integrar a equipe que irão desenvolver os projetos de consultoria sob sua responsabilidade.

### **2.2.4. Outros Projetos e Atividades**

Além das atividades de Iniciação Científicas, Monitoria e Empresa Junior, as universidades fornecem outros projetos que contribuem significativamente para o crescimento pessoal e profissional dos seus alunos. Estas atividades são geralmente associadas a projetos de criação de protótipos, a Projetos Sociais, elaboração de artigos científicos e intercâmbio, dentre outras.

O Projeto SAE BAJA no Brasil é administrado pela SAE BRASIL. Esta empresa é responsável pelos aspectos técnicos da competição, que é realizada todo ano por equipes formadas por alunos de diferentes instituições de ensino superior. Cada equipe, composta exclusivamente por alunos dos cursos de engenharia de uma mesma instituição, desenvolve um protótipo real de um carro, um veículo *off-road*, aplicando os conhecimentos adquiridos em seus cursos. As equipes têm que projetar, desenvolver e construir um veículo *off-road* seguro, confiável, de fácil manutenção e que vença terrenos acidentados sem sofrer danos (SAE BRASIL, 2010). No PUVR da UFF em Volta Redonda, o projeto existe desde 2006.

Os Projetos Sociais são iniciativas individuais ou coletivas que visam a proporcionar a melhoria da qualidade de vida de pessoas e comunidades. Os Projetos Sociais surgem a partir da necessidade de se resolver problemas sociais concretos. Quando implementados, visa apoiar ou solucionar problemas de modo que as idéias sejam transformadas em ações. Para implementar um Projeto Social é fundamental que seus objetivos estejam claros. É necessário especificar os recursos, declarar parcerias e como os resultados serão analisados (PROJETOS SOCIAIS, 2010). No PUVR da UFF em Volta Redonda, o Projeto Social “Próximo + Próximo” visa ajudar os alunos mais com dificuldades financeiras a se manterem na universidade.

O Artigo Científico é a parte de uma publicação com autoria declarada, que apresenta e discute idéias, métodos, técnicas, processos e resultados nas diversas áreas do conhecimento (ABNT, 2003). Nas universidades os alunos têm a possibilidade de elaborarem artigos após execução de trabalhos de Iniciação Científica, Projetos de Extensão ou mesmo Projeto de

Conclusão de Curso.

Estas atividades são desenvolvidas por pequenos grupos de alunos do PUVR da UFF. No Projeto Baja, por exemplo, há uma seleção prévia dos alunos que irão compor a equipe, que são direcionados para atuarem em uma subdivisão específica deste projeto, seja de natureza técnica, de marketing ou de gerenciamento. O Projeto Social exige dedicação de alunos, que se disponibilizam para ajudar aos demais alunos com carência financeira. Este projeto conta ainda com a participação de professores e funcionários da Escola. Os Artigos Científicos são elaborados após a execução de um estudo ou de uma pesquisa. Desta forma, os alunos só conseguirão concretizar uma publicação após a implementação de algum trabalho anterior.

### **3. Apoio Multicritério à Decisão**

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é uma metodologia utilizada como ferramenta para apoiar à tomada de decisão (VINCKE, 1002; BELTON & STWERT, 2002). Segmento da Pesquisa Operacional, o AMD é aplicado normalmente em presença de critérios conflitantes, visando encontrar uma alternativa ou conjunto de alternativas que se apresentem como soluções para o problema, dentro de um grupo de alternativas viáveis ou factíveis (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997; ROY & BOUYSSOU, 1993). Esta metodologia pode levar em consideração, além de dados concretos, a subjetividade, sempre presente em problemas de decisão (GOMES, GOMES & ALMEIDA, 2009).

Alguns conceitos de AMD são fundamentais para o entendimento de um problema de tomada de decisão, tais como: *i.* Decisor ou Proprietário da Decisão: Pessoa responsável pela tomada de decisão, pela escolha dos critérios e importância dos mesmos. Em um problema multicritério pode haver um ou mais decisores; *ii.* Analista: Pessoa ou grupo de pessoas responsáveis pela análise das opiniões do decisor, bem como, dos Agentes de Decisão. Realiza a escolha e elaboração do modelo de análise multicritério e divulgação dos resultados obtidos; *iii.* Agentes de Decisão: Pessoas que são ouvidas pelo Analista, com vista a elaboração de uma representação do problema que, uma vez analisadas, contribui para a solução do mesmo. *iv.* Critérios: Preceitos que servirão de julgamento para a escolha de uma alternativa; e *v.* Alternativas: Escolhas possíveis a serem tomadas. São opções que podem apresentar diferentes características e opiniões (GOMES, ARAYA, & CARIGNANO, 2004).

### **4. O Método PROMÉTHÉE II**

Na literatura existem diversos métodos de Apoio Multicritério à Decisão que se diferem notadamente quanto à escola a qual eles pertencem. Estes métodos enquadram-se em três grandes classes: métodos da Escola Francesa (ou Européia), Escola Americana e métodos Híbridos.

Os métodos da Escola Francesa, como ELECTRE e PROMÉTHÉE realizam comparação par a par entre as alternativas na avaliação decisória, considerando-se a relação de superação (ROY & BOUYSSOU, 1993). Os métodos da Escola Americana, como a MUAT (KEENEY & RAIFFA, 1993) o AHP (SAATY, 1991), agregam os critérios em um único modelo de síntese. Já os métodos híbridos, como o TODIM (GOMES & LIMA, 1992; GOMES & RANGEL, 2009), empregam uma combinação de conceitos empregados na Escola Francesa e Americana em uma só metodologia.

O método PROMÉTHÉE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) é um método da Escola Francesa desenvolvido por Brans, Mareschal e Vincke (1986). É considerado umas das principais metodologias de avaliação multicritério por sua facilidade de aplicação e entendimento. Este método é flexível, objetivo e considera a relação de superação. Esta relação é definida como uma relação binária em que o decisor tem argumentos suficientes para afirmar que, no mínimo, uma alternativa é tão boa quanto à outra, e não há uma razão essencial para refutar este estado (ROY & BOUYSSOU, 1993). As relações binárias entre duas alternativas I (igualdade), R (preferência fraca) e P (preferência

forte) são cobertas pela relação de superação. Brans e Mareschal (2002) elaboraram o PROMÉTHÉE-GAIA.

Para aplicação deste método faz-se necessário definir a matriz de desempenho das alternativas. Esta matriz será a base para a implementação desta metodologia. Esta matriz apresenta o desempenho obtido por cada alternativa em relação a cada critério de avaliação presente na análise. Na Tabela 1 abaixo pode-se observar a representação da matriz de desempenho das alternativas.

Tabela 1: Matriz de desempenho das alternativas

Alternativa	Critérios				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	...	C <sub>m</sub>
A <sub>1</sub>	G <sub>1</sub> (A <sub>1</sub> )	G <sub>2</sub> (A <sub>1</sub> )	G <sub>3</sub> (A <sub>1</sub> )	...	G <sub>m</sub> (A <sub>1</sub> )
A <sub>2</sub>	G <sub>1</sub> (A <sub>2</sub> )	G <sub>2</sub> (A <sub>2</sub> )	G <sub>3</sub> (A <sub>2</sub> )	...	G <sub>m</sub> (A <sub>2</sub> )
A <sub>3</sub>	G <sub>1</sub> (A <sub>3</sub> )	G <sub>2</sub> (A <sub>3</sub> )	G <sub>3</sub> (A <sub>3</sub> )	...	G <sub>m</sub> (A <sub>3</sub> )
...	...	...	...	...	...
A <sub>n</sub>	G <sub>1</sub> (A <sub>n</sub> )	G <sub>2</sub> (A <sub>n</sub> )	G <sub>3</sub> (A <sub>n</sub> )	...	G <sub>m</sub> (A <sub>n</sub> )

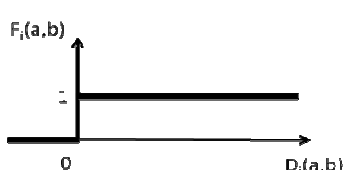
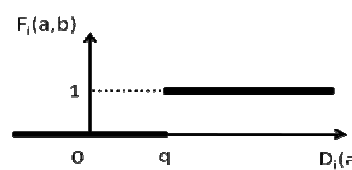
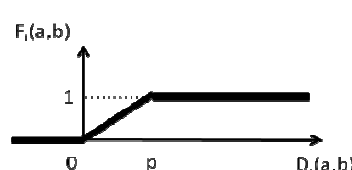
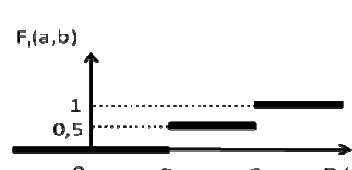
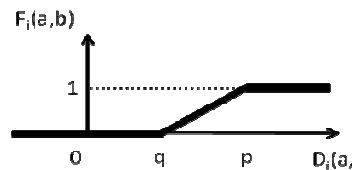
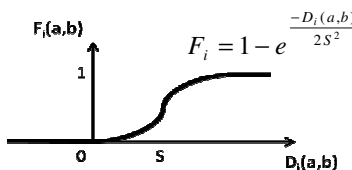
Os desempenhos das alternativas em relação aos critérios no método PROMÉTHÉE II são verificados através de seis funções de preferências. Estas funções assumem valores compreendidos entre 0 e 1, e representam as preferências entre as alternativas. A escolha dessas funções é de responsabilidade dos decisores que buscam representar a forma em que a diferença de desempenho entre duas alternativas é considerada em cada critério de avaliação.

As funções de preferência possuem características distintas, e algumas dessas seis funções utilizam valores para os limites de indiferença  $q$  ou de preferência  $p$ , ou ambos. O limite de preferência indica um valor, para o qual, se a diferença de desempenho entre duas alternativas for maior do que  $p$  há uma preferência estrita pela alternativa de melhor desempenho. O limite de indiferença indica um valor, para o qual, se a diferença de desempenho entre duas alternativas for menor do que  $q$  as alternativas são consideradas como sendo indiferentes. Caso a diferença entre as alternativas seja menor do que  $p$  (limite de preferência) e maior do que  $q$  (limite de indiferença) ocorre uma preferência fraca pela alternativa de melhor desempenho.

Na Figura I representa-se a função de preferência do Verdadeiro Critério, função esta que não utiliza limites de preferência e indiferença. Nesta função entende-se que uma pequena diferença de desempenho entre duas alternativas é suficiente para considerar uma preferência estrita por uma das alternativas. Na Figura II representa-se a função de preferência do Quase Critério, que leva em consideração somente o limite de indiferença  $q$ . Nesta função, uma diferença entre os desempenhos das alternativas menor do que o limite de indiferença, não indica preferência entre elas.

Na Figura III representa-se a função de Pseudo Critério que utiliza apenas o índice de preferência  $p$ . Nessa função, uma diferença de desempenho maior que  $p$  entre duas alternativas, indica uma preferência forte pela alternativa de maior desempenho. Na Figura IV representa-se a função de Critério de Nível que apresenta tanto índice de indiferença quanto índice de preferência, sendo que a região de preferência fraca (entre  $q$  e  $p$ ) é dado por um valor de 0,5.

Na Figura V representa-se a função de Preferência Linear que emprega os índices  $p$  e  $q$ . Nessa função, para diferenças de desempenhos entre  $q$  e  $p$ , há um aumento linear da preferência por aquela alternativa de maior desempenho. Na Figura VI representa-se a função de Critério de Gauss, onde a função de preferência por uma alternativa cresce seguindo uma curva normal.

<p>Figura 1: Verdadeiro Critério</p> 	<p>Verdadeiro Critério: A função assume valor zero se a diferença de desempenho entre as alternativas for menor ou igual a zero e assume valor 1 se a diferença for maior que zero.</p>
<p>Figura 2: Quase Critério</p> 	<p>Quase Critério: A função assume valor zero se a diferença de desempenho entre as alternativas for menor que o índice de indiferença q e assume valor 1 se a diferença for maior que este índice.</p>
<p>Figura 3: Pseudo Critério</p> 	<p>Pseudo Critério: A função permanece em seu ponto de máximo quando a diferença de desempenho é superior o índice de preferência p e será nula para diferenças de desempenho menor que zero. No Pseudo Critério existe um crescimento linear da função para o intervalo <math>0 \leq D_i(a,b) \leq p</math>.</p>
<p>Figura 4: Critério de Nível</p> 	<p>Critério de Nível: A função apresenta valor máximo para diferenças de desempenho superiores a p e valor nulo para diferenças de desempenho inferiores a q. Para o critério de nível <math>F_i(a,b)</math> assume valor 0,5 para o intervalo <math>q &lt; D_i(a,b) \leq p</math>.</p>
<p>Figura 5: Preferência Linear</p> 	<p>Critério com Preferência Linear: A função permanece em seu ponto de máximo quando a diferença de desempenho é superior ao índice de preferência p e será nula para diferenças de desempenho menor que o índice de indiferença q. No critério de preferência linear existe um crescimento da função para o intervalo de <math>q \leq D_i(a,b) \leq p</math>.</p>
<p>Figura 6: Critério de Gauss</p> 	<p>Critério de Gauss: A preferência cresce seguindo uma curva normal.</p>

No método PROMETHÉE II faz-se necessário, ainda, a ponderação de todos os critérios envolvidos na análise de decisão. Estes pesos, estabelecidos pelos decisores do problema, impõem a característica subjetiva inerente à metodologia. Como regra geral, ordena-se os critérios em termo de preferência dos decisores e emprega-se uma metodologia de ponderação dos pesos. Após a definição e ponderação dos critérios, estes são normalizados, tal que, o somatório dos pesos de todos os critérios seja igual a 1.

Tabela 2: Pesos dos critérios

Critérios	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	...	C <sub>m</sub>
Peso	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	...	W <sub>m</sub>

sendo, W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub>, ..., W<sub>m</sub> são os pesos dos critérios C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, ..., C<sub>m</sub>, respectivamente. Nesta notação *m* representa a quantidade de critérios presentes na avaliação.

Uma vez obtidos os pesos, calcula-se o grau de sobre-classificação  $\pi(a,b)$  entre duas alternativas *a* e *b*, que irá indicar o grau de preferência global das alternativas levando em consideração todos os critérios, como apresentado na Equação 2.

$$\pi(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^m W_i F_i(a,b) \quad (2)$$

Em seguida, calculam-se os fluxos de entrada e saída. Esta forma de sobre-classificação serve para indicar o quanto uma alternativa sobre-classifica as demais (fluxo de entrada) e o quanto ela é sobre-classificada pelas outras (fluxo de saída), mostrado pelas Equações 3 e 4, respectivamente.

$$\phi^+(a) = \sum \pi(a,b) \quad (3)$$

$$\phi^-(a) = \sum \pi(b,a) \quad (4)$$

O método PROMÉTHÉE II estabelece uma ordem decrescente de classificação ordenando todas as alternativas, através do fluxo líquido  $\phi$ , como indicado pela Equação 5.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (5)$$

O valor do fluxo líquido  $\phi(a)$  é obtido pela diferença entre o fluxo de entrada  $\phi^+(a)$  e o fluxo de saída  $\phi^-(a)$ .

## 5. Implementação e Resultados

O desempenho acadêmico de alunos universitários é muitas vezes avaliado pelo CR obtido ao longo do seu curso superior. Esta forma de análise é uma forma simples e pouco criteriosa de avaliar o aproveitamento de estudantes, já que considera exclusivamente as notas obtidas nas disciplinas e o número de faltas ao longo do curso.

Um aluno universitário de fato terá uma boa formação se ele participar de diversas atividades no decorrer de seu curso na universidade e não se limitar às aulas em sala. A participação em projetos de Iniciação Científica permite ao aluno uma vivência como pesquisador, um aprendizado na elaboração de relatórios científicos e uma aplicação real das teorias e dos conhecimentos adquiridos através de pesquisas e em sala de aula. A participação em atividades de Monitoria além de permitir ao aluno uma vivência como docente, permite que ele realize pesquisa na disciplina de sua monitoria.

A participação em projetos de Extensão, como Empresas Juniores, Projetos Sociais, projetos de Construção de Protótipo, entre outros, permite ao aluno aplicar os conhecimentos teóricos na elaboração de projetos reais bem como aprimorar a capacidade do aluno de trabalho em equipe. A elaboração de Artigos Técnicos permite ao aluno um conhecimento da área científica e estabelece um aprimoramento na capacidade de escrita técnica. Além destas atividades, a participação voluntária em Projetos Sociais humaniza e complementa a formação dos futuros engenheiros.

Esta pesquisa foi realizada, considerando um grupo de professores como decisores e analistas, e os autores desta pesquisa como agentes de decisão. Um grupo de dez alunos universitários de uma mesma turma de formando foi considerado nesta pesquisa. Os outros alunos desta turma não foram considerados nesta pesquisa pois não participaram de nenhuma



atividade extraclasse. Os critérios foram definidos pelos decisores e consideraram-se os seguintes critérios: CR, número de participações em projetos de Iniciação Científica, número de participações em atividades de Monitoria, número de participações em projetos de Extensão e número de Artigos Técnicos elaborados. Esta pesquisa foi realizada com o intuito de observar os alunos que mais souberam aproveitar o meio acadêmico e assim estar mais preparado para o mercado de trabalho. A matriz de desempenho das alternativas pode ser observada na tabela 3 e os pesos dos critérios utilizados no estudo estão na Tabela 4.

Tabela 3: Matriz de Desempenho das Alternativas

Alunos	Critérios				
	CR	IC	Monitoria	Extensão	Artigos
A	7	0	0	3	1
B	8,6	3	0	2	3
C	7,8	1	0	0	0
D	9,5	1	0	0	0
E	7,3	0	2	0	0
F	6,2	1	0	1	0
G	8,4	1	1	0	0
H	6,4	0	0	0	0
I	5,5	0	0	1	0
J	7,1	0	0	1	0

Tabela 4: Peso dos Critérios no Estudo

Critérios	CR	IC	Monitoria	Extensão	Artigos
Pesos	5	3	3	3	1

As funções de preferências utilizadas na pesquisa são aquelas que geram uma maior gama de valores intermediários de preferência, não se limitando apenas a poucos valores. Dessa forma, as funções utilizadas que melhor se adequaram ao estudo foram a função de Preferência Linear para o critério CR e a função de Critério de Nível para os demais critérios.

A tabela 5 apresenta as funções de preferências para cada critério de avaliação bem como os valores dos índices de indiferença e preferência.

Tabela 5: Funções de Preferência dos Critérios do Estudo

Critério	Função	p	q
CR	V	0,8	0,2
IC	IV	2	1
Monitoria	IV	2	1
Extensão	IV	2	1
Artigos	IV	2	1

Os fluxos de entrada e saída são calculados através das Equações 3 e 4, que irão fornecer o quanto cada alternativa sobre-classifica as demais e o quanto cada alternativa é sobre-classificada pelas outras. Finalmente, a diferença entre os dois fluxos fornece a classificação por ordem crescente de fluxos, obtendo assim a classificação final através do método PROMÉTHÉE II.

A Tabela 6 mostra os fluxos positivo, negativo e líquido para cada alternativa

avaliada.

Tabela 6: Fluxo Positivo, Negativo e Líquido para cada Alternativa

Fluxo Líquido			
Candidatos	Fluxo Positivo	Fluxo Negativo	Fluxo Líquido
A	42,833	35,333	7,500
B	90,500	11,000	79,500
C	34,167	32,833	1,333
D	52,500	19,500	33,000
E	41,333	38,500	2,833
F	19,167	48,500	-29,333
G	52,833	21,500	31,333
H	5,000	58,000	-53,000
I	7,500	63,667	-56,167
J	21,667	38,667	-17,000

Através do resultado da aplicação da metodologia multicritério pode-se observar que a ordenação via CR difere da ordenação do método PROMÉTHÉE II. Um aluno com um CR mais baixo, porém com atividades extras na universidade (Aluno B, Aluno A), fica melhor pontuado na metodologia multicritério que outro aluno de CR mais elevado, no entanto sem poucas atividades extracurriculares na universidade (Aluno D, Aluno C).

A Tabela 7 mostra uma comparação entre a classificação usual via CR com a ordenação gerada através do método PROMÉTHÉE II.

Tabela 7: Comparativo da Ordenação por CR e pelo método PROMÉTHÉE II

Ordenação	Método PROMÉTHÉE II		Coeficiente de Rendimento	
	Alunos	$F_i$	Alunos	CR
1º	B	79,5	D	9,5
2º	D	33,0	B	8,6
3º	G	31,3	G	8,5
4º	A	7,5	C	7,8
5º	E	2,8	E	7,5
6º	C	1,3	J	7,1
7º	J	-17,0	A	7,0
8º	F	-29,3	H	6,5
9º	H	-53,0	F	6,2
10º	I	-56,2	I	5,5

A análise de sensibilidade foi realizada nesta pesquisa, variando em dez por cento os valores dos pesos dos critérios de maior importância, tanto para mais quanto para menos. Estas implementações não provocaram diferença na ordenação das alternativas. Houve diferença no valor do fluxo líquido de cada alternativa do problema, no entanto a classificação final se manteve.

A Tabela 8 mostra um comparativo da ordenação obtida através do método PROMÉTHÉE II considerando as informações iniciais (Análise 1), com a ordenação obtida com aumento de dez por cento no peso dos critérios CR, IC e Artigos e redução de dez por cento no peso dos outros dois critérios (Análise 2).

Tabela 8: Comparativo do Efeito da Análise de Sensibilidade do Método

Classificação				
Ordenação	Análise 1	$F_i$	Análise 2	$F_i$
1º	B	79,5	B	82,4
2º	D	33,0	D	28,2
3º	G	31,3	G	26,7
4º	A	7,5	A	10,7
5º	E	2,8	E	-1,7
6º	C	1,3	C	-0,3
7º	J	-17,0	J	-16,8
8º	F	-29,3	F	-25,2
9º	H	-53,0	H	-51,9
10º	I	-56,2	I	-52,1

Verifica-se através dessa análise que não houve alteração na ordenação inicialmente obtida com os pesos iniciais adotados neste estudo de caso.

## 6. Conclusão

A utilização de uma metodologia científica, como o método multicritério PROMÉTHÉE II, que possibilite uma avaliação de estudantes, analisando não apenas o CR, mas também diversos projetos acadêmicos que o estudante pode participar ao longo de seu curso universitário mostra-se totalmente viável. Esta metodologia permite considerar em seu processo de avaliação, não apenas um único critério de avaliação, mas sim múltiplos critérios, tais como: Projetos de IC, Monitoria, Extensão, Empresa Junior e Artigo Técnico.

A avaliação de desempenho de alunos apenas pelo Coeficiente de Rendimento acumulado não indica na totalidade o aproveitamento de um estudante na universidade. Muitos estudantes com CR um pouco mais baixo, porém com participações em projetos extracurriculares, estão melhores preparados para o mercado de trabalho. Através da análise empregada verificou-se que o estudante com melhor CR (Aluno D) não foi o melhor estudante considerando todos os critérios empregados nesta análise. O Aluno B apresenta o melhor desempenho por ter participado de diversas atividades extracurriculares na universidade, mas não tem o melhor Coeficiente de Rendimento.

Este processo de avaliação também poderá ser otimizado de acordo com a sua utilização. Novos critérios podem ser integrados na análise, como Intercâmbio no Exterior ou Trabalhos em Laboratórios. Dessa forma, outros pontos de vistas poderão ser considerados neste novo processo de avaliação de estudantes e assim, o método multicritério poderá ser aplicado, não apenas internamente no âmbito universitário, mas também em empresas para seleção de estagiários ou mesmo efetivos em seus processos seletivos.

## Referências

- ABNT. NBR 6022: Informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 5 p.
- Barba-Romero, S.; e Pomerol, J.C. *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*, Colección de Economía, Universidad de Alcalá, Spain. 1997.
- Belton, V.; e Stewart, T.J. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Boston: Kluwer Academic Press, 2002.
- Brans, J.P.; Mareschal, B.; e Vincke, P. How to select and how to rank projects The PROMÉTHÉE method for MCDM, *European Journal of Operational Research*, 24(2), pp.228-238, 1986.

- Brans, J-P. ; e Mareschal, B.** PROMÉTHÉE-GAIA. *Une Méthodologie D'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples*. Bruxelas: Éditions de l'Université de Bruxelles, 2002.
- CNPq.** Disponível em: [http://www.cnpq.br/normas/rn\\_06\\_017\\_anexo5.htm](http://www.cnpq.br/normas/rn_06_017_anexo5.htm). Acessado em: 23/04/2010.
- COSEAC.** Disponível em: <http://www.coseac.uff.br/cidades/nithist.htm>. Acessado em: 23/04/2010.
- Gomes, L.F.A.M.; e Rangel, L.A.D.** (2009) An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. *European Journal of Operational Research*, v. 193, n. 2, p. 204-211.
- Gomes, L.F.A.M.; Araya, M.C.G.; e Carignano, C.** *Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- Gomes, L.F.A.M; Gomes, C.F.S.; e Almeida, A.T.** *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas, 3.ed., 2009.
- Gomes,L.F.A.M.; e Lima,M.M.P.P.** From Modelling Individual Preferences to Multicriteria Ranking of Discrete Alternatives: A Look at Prospect Theory and the Additive Difference Model, *Foundations of Computing and Decision Sciences*, v.17, n.3, p.171-184, 1992.
- PROAC.** Disponível em: <http://www.proac.uff.br/apoio-curricular/calculo-do-coeficiente-de-rendimento-escolar-cra>. Acessado em: 23/04/2010.
- PROJETOS SOCIAIS.** Disponível em: <http://projetossociais.wordpress.com/>. Acessado em: 24/04/2010.
- Roy, B. ; e Bouyssou, D.** *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*, Economica, Paris. 1993.
- Saaty, T.L.** *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.
- SAE BRASIL.** Regulamento da XIV Competição Baja SAE Brasil. 2008. Disponível em: <http://www.saebrasil.org.br>. Acessado em: 25/01/2010.
- Vincke, P.** *Multicriteria decision-aid*, Jonh Wiley & Sons, 1992.