

A DISCIPLINA CÁLCULO I NOS CURSOS DE ENGENHARIA DA UFRJ: SUA RELAÇÃO COM O ACESSO À UNIVERSIDADE E SUA IMPORTÂNCIA PARA A CONCLUSÃO DO CURSO

Ivo F. Lopez e Claudia Segadas

Departamento de Matemática, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, CEP 21.941-909, RJ, Brasil

Palavras Chave: Ensino de Engenharia. Cálculo. Relações notas desempenho.

Resumo. Neste trabalho iremos examinar os dados relativos aos alunos admitidos por vestibular em 2008 na Escola Politécnica da UFRJ, correlacionando os resultados das provas do vestibular com os resultados obtidos na disciplina de Cálculo I. Examinaremos, também, o desempenho destes mesmos alunos no decorrer do curso em disciplinas que utilizem os conhecimentos adquiridos no Cálculo I ou o raciocínio desenvolvido nos cursos de Cálculo. Desde 2008 os cursos de Cálculo oferecidos às diversas modalidades de Engenharia têm sistema unificado de avaliação, o que permite que sejam feitas análises confiáveis. Para estudar as relações existentes, testes estatísticos foram realizados.

*Correio Eletrônico: ivolopez@ufrj.br, claudia@im.ufrj.br

1 INTRODUÇÃO

Cálculo costuma ser a primeira disciplina de matemática de nível avançado com o qual o aluno de Engenharia se depara na universidade, constando, usualmente, no primeiro semestre das grades curriculares deste curso. Entendemos matemática de nível avançado no sentido atribuído por Tall [8]: a matemática em que o professor se preocupa em explicitar as definições envolvidas e em justificar os resultados demonstrando-os através de definições e teoremas previamente ensinados.

Muitos alunos se perguntam: para que aprender Cálculo desta forma? Não basta que o professor mostre os modelos e como utilizá-los? Também se indagam sobre a necessidade de entender certas técnicas, já que o computador pode realizar os cálculos e resolver derivadas e integrais muito mais rapidamente. Por outro lado, há o professor que justifica que o raciocínio que o Cálculo desenvolve é fundamental para a formação de princípios generalizados que permitem a aprendizagem de tópicos aplicados. Espera desenvolver no aluno o espírito criativo, inquiridor e que, além de tudo, possa enxergar a beleza do pensamento matemático que atraiu a ele próprio, professor, para a escolha da carreira.

Independente de indagações como as ilustradas acima, uma realidade cruel acompanha o ensino de Cálculo: altos índices de reprovação. Pesquisas apontam motivos diversos para este fato, entre esses a evidência de que há mais rompimento do que continuidade na passagem do ensino secundário para o ensino superior, tanto por suas características de ambiente quanto de ensino (Robert e Schwarzenberger [7], Gueudet [2]). Diversos trabalhos apresentam esses índices em instituições de nosso país (Bean [1], Rezende [6], Pinto [5], Pereira [4]).

Embora em muitos desses trabalhos sejam estudadas as possíveis causas, poucos são os que fazem conexões entre o desempenho que o aluno obteve para entrar na universidade com aquele que tem no curso de Cálculo I e deste com o desempenho ao longo do ciclo básico e do restante do curso. Uma das possíveis dificuldades para se estabelecer tais relações de forma confiável está no fato das avaliações não serem únicas. Assim, se a prova de um professor for mais difícil que a de outro ou o critério de correção for muito diverso, como comparar?

Encontramos em Hansen [3] um estudo com o propósito de analisar as relações existentes, já que a autora analisa o desempenho dos alunos ingressantes na UFRJ em Cálculo I com o desempenho destes no vestibular. A autora se depara com a dificuldade mencionada, já que as provas ficavam a cargo de cada professor. A análise dos dados que obteve levou à exclusão dos alunos de duas turmas em que os percentuais de aprovação estimados a partir de um modelo logístico eram muito inferiores ao percentual observado.

Entretanto, desde o ano de 2008, o ensino dos Cálculos I, II, III e IV na Engenharia da UFRJ vem sendo organizado por equipes. As provas aplicadas são as mesmas para todas as turmas. O atual sistema permitiu que pudéssemos avaliar melhor os resultados e compará-los. Sendo assim, com esta pesquisa pretendemos responder às seguintes questões:

1. Existe relação entre o desempenho geral na prova de acesso à universidade e o desempenho em Cálculo I? E existe entre o desempenho nas diversas disciplinas desta prova, especialmente matemática, e Cálculo I?
2. Qual a relação do grau obtido no Cálculo I com o desempenho global do aluno no curso?
3. Um aluno que tenha desempenho fraco em Cálculo I terá dificuldade, também, nas outras disciplinas do seu curso?

4. Qual o percentual de alunos que completa os três cursos obrigatórios de Cálculo ao longo de, no máximo, seis semestres letivos?
5. Existe correlação significativa entre as notas dos cursos de Cálculo mais avançados e as notas do vestibular?
6. Os índices de reprovação no Cálculo I são, realmente, muito superiores aos de outras disciplinas?

Para respondermos a estas perguntas, utilizamos técnicas de estatística como regressão linear e teste de hipóteses, além de gráficos, histogramas e tabelas para a representação dos dados. A amostra analisada foram todos os alunos que cursaram integralmente a disciplina de Cálculo I no primeiro semestre de 2008 na Escola Politécnica e que eram egressos do vestibular 2008 da UFRJ, totalizando 374 alunos. Os históricos escolares individuais destes alunos, incluindo notas do vestibular e notas de todas as disciplinas cursadas até o primeiro semestre de 2013 foram a fonte dos dados utilizados. Estes foram coletados de forma semiautomática pelos autores deste trabalho a partir do Sistema de Gerenciamento Acadêmico da UFRJ e analisados com o auxílio de programas computacionais desenvolvidos, também pelos autores, especificamente para este fim.

O acesso à UFRJ em 2008 consistiu de duas provas escritas, sendo a primeira de caráter geral, incluindo: redação, português, biologia, geografia, história e língua estrangeira. A outra, específica, consistiu de matemática, física e química. As notas das provas são discriminadas por disciplina. Antes de apresentarmos os resultados propriamente, iremos dar uma visão ao leitor de como são estruturados os Cálculos para a Escola Politécnica na UFRJ.

2 O CÁLCULO DA ENGENHARIA

Os cursos de Cálculos Diferencial e Integral I, II e III são obrigatórios para todos os alunos de Engenharia. No Cálculo I é ensinado limite, continuidade, derivada e integral para funções com domínio em \mathbb{R} . Na ementa do Cálculo II constam equações diferenciais ordinárias, funções vetoriais, curvas, superfícies e funções de \mathbb{R}^2 e \mathbb{R}^3 em \mathbb{R} , incluindo diferenciabilidade e máximos e mínimos. No Cálculo III ensinam-se integrais múltiplas, integral de linha, integrais de superfície, teoremas de Green, Gauss e Stokes. Cada equipe de Cálculo é composta de um coordenador, escolhido no início do semestre dentre os professores da disciplina, todos do Instituto de Matemática. Os alunos realizam duas provas no semestre. Caso obtenham média maior ou igual a sete são aprovados direto. Caso a média seja abaixo de sete e maior ou igual a três devem realizar a prova final. A nota desta é somada com a média das duas primeiras provas e, se obtêm média maior ou igual a cinco são aprovados. Caso percam alguma prova poderão fazer segunda chamada ao final do curso.

A prova é preparada a partir de questões que os professores da equipe sugerem e que o coordenador pode modificar. Ao final, o coordenador mostra a proposta de prova a todos os professores para que deem ou não sua concordância. A correção de cada questão é realizada por uma dupla de professores da equipe que combinam entre si o critério de pontuação.

Todos os cursos de Cálculo são oferecidos em todos os semestres e, portanto, alunos que repetem podem cursar novamente no semestre seguinte. Usaremos a notação ano/1 ou ano/2 para indicar o primeiro ou segundo semestre de um certo ano, como por exemplo 2008/1.

3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.1 Estudo da relação entre a nota de Cálculo I e as notas do vestibular

Os alunos considerados assistiram as aulas do Cálculo I junto com os alunos repetentes, totalizando 10 turmas. Investigamos a relação entre as notas obtidas em Cálculo I e as notas da prova de acesso. Na figura 1 apresentamos os gráficos das notas de Cálculo I em função da notas de redação, matemática, média da prova específica e média geral do vestibular, bem como a reta ajustada de menor erro quadrático para cada um dos gráficos.

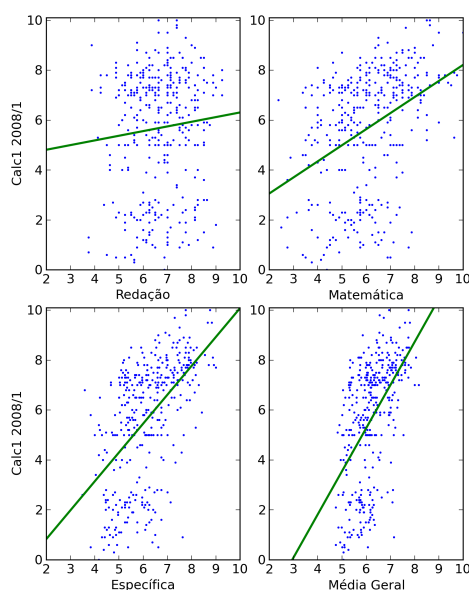


Figura 1: Cálculo I versus nota no vestibular

Parece claro para nós que a nota de Cálculo I está razoavelmente correlacionada com a nota de matemática. Apresenta, também, uma melhor correlação com a média das provas específicas (matemática, física e química) e com a média das provas do vestibular. Por outro lado, não apresenta uma correlação significativa com a nota da redação do vestibular.

Os coeficientes de determinação (r^2) do ajuste linear entre cada nota do vestibular e a nota de Cálculo I foram muito baixos para as disciplinas da prova não específica (todos menores que 0,03), bem melhores para as provas específicas (em torno de 0,16) e da ordem de 0,30 para a média das provas específicas e para a nota global do vestibular.

A tabela 1 apresenta os coeficientes de determinação, coeficiente linear e angular do ajuste linear entre cada nota do vestibular e a nota de Cálculo I. A regressão linear apresenta um coeficiente de determinação bem maior do Cálculo I em relação à média das provas específicas que do Cálculo I em relação a qualquer uma das provas específicas, incluindo a de matemática. Isto é esperado, já que se considerarmos que a nota de cada prova específica seria uma medida do sucesso de cada aluno em adquirir habilidades necessárias para que seja bem sucedido no curso de Cálculo I, a utilização da média das três provas reduz a variância não explicada pela regressão linear e, portanto, aumenta o coeficiente de determinação.

Parâmetro	Coef. det. (r^2)	Coef. linear	Coef. angular
Português	0,03	3,78	0,33
Redação	0,01	4,44	0,19
Biologia	0,02	4,42	0,19
História	0,01	5,19	0,09
Geografia	0,00	5,19	0,09
L. Estrang.	0,03	3,98	0,21
Química	0,15	1,49	0,64
Física	0,18	2,11	0,60
Matemática	0,16	1,77	0,64
Específica	0,30	-1,48	1,16
Geral	0,28	-5,09	1,73

Tabela 1: Regressão entre a nota de Cálculo I e as notas do vestibular

Para termos um quadro mais claro sobre a dependência da nota do Cálculo I em relação às notas do vestibular, separamos as notas dos alunos no vestibular em quartis. O primeiro quartil, como usual, é constituído dos alunos com nota no quarto inferior e assim sucessivamente. Cada grupo de alunos em um dado quartil foi separado em subgrupos conforme as notas obtidas em Cálculo I. Os subgrupos considerados foram: alunos aprovados com média final maior ou igual a sete, alunos aprovados com média entre cinco e sete, alunos reprovados com média entre três e cinco e alunos reprovados com média menor que três. Incluímos, também, apenas para esta tabulação, o subgrupo dos alunos que abandonaram o Cálculo I, isto é, que fizeram uma ou menos provas de Cálculo I. A inclusão destes estudantes (53 alunos) em uma coluna específica da tabela objetiva investigar se há indícios que estes tenham abandonado a disciplina pela dificuldade excessiva do curso. O resultado desta análise para cada disciplina da prova de acesso pode ser visto nas tabelas 2 e 3. A linha total refere-se ao percentual de alunos que passou com mais de sete, o percentual que passou entre cinco e sete e assim sucessivamente até o percentual dos que abandonaram.

	Cálculo I	AP MF \geq 7	AP MF $<$ 7	RM MF \geq 3	RM MF $<$ 3	Abandono
Matemát.	Q1	19%	29%	9%	25%	18%
	Q2	27%	31%	6%	24%	12%
	Q3	44%	21%	5%	21%	9%
	Q4	65%	19%	3%	4%	9%
Méd.Esp.	Q1	13%	21%	9%	35%	22%
	Q2	25%	37%	8%	19%	11%
	Q3	41%	31%	4%	17%	7%
	Q4	73%	13%	3%	3%	8%
Geral	Q1	11%	26%	11%	29%	23%
	Q2	27%	30%	7%	27%	9%
	Q3	45%	24%	5%	16%	10%
	Q4	68%	21%	1%	4%	6%
Total		38%	25%	6%	19%	12%

Tabela 2: Relação entre notas do vestibular (Matemática, Média da Específ. e Média Geral) e Cálculo I, por quartil

	Cálculo I	AP MF \geq 7	AP MF $<$ 7	RM MF \geq 3	RM MF $<$ 3	Abandono
Física	Q1	18%	24%	8%	30%	20%
	Q2	29%	27%	5%	28%	11%
	Q3	49%	26%	6%	8%	11%
	Q4	59%	24%	3%	8%	6%
Portug.	Q1	27%	21%	9%	22%	21%
	Q2	31%	33%	4%	21%	11%
	Q3	42%	22%	6%	19%	11%
	Q4	52%	26%	3%	13%	6%
Redação	Q1	36%	25%	6%	20%	13%
	Q2	36%	23%	5%	23%	13%
	Q3	40%	26%	9%	12%	13%
	Q4	39%	27%	4%	20%	10%
Total		38%	25%	6%	19%	12%

Tabela 3: Relação entre as notas do vestibular (Física, Português e Redação) e Cálculo I, por quartil

Os resultados indicam que os alunos do quarto quartil nas provas de matemática, física, prova específica ou média geral obtêm índices de aprovação entre 85% e 90%, com ampla predominância das médias a partir de sete. Os alunos do primeiro quartil, nas mesmas disciplinas, têm um percentual de aprovação de cerca de 40%, predominando médias entre cinco e sete, mostrando que o desempenho nestas disciplinas está fortemente ligado à aprovação em Cálculo I. Por outro lado, português tem uma influência muitíssimo menor e redação não aparenta ser um preditor do resultado de Cálculo I, como indicam os percentuais muito similares para cada quartil.

Quanto aos alunos que abandonaram a disciplina, vemos que há alguma predominância no primeiro quartil, indicando que, sob este ponto de vista, o abandono tem ligação com o baixo desempenho nas provas específicas.

Analisando as tabelas 2 e 3, notamos um percentual baixo para as notas entre três e cinco (linha denotada “RM MF \geq 3”), que pode ser observado também na figura 1, pela baixa densidade de pontos neste intervalo de notas, que leva à caracterização de dois grupos de pontos representando alunos com resultados bem distintos em Cálculo I. Analisando o histograma com a nota de Cálculo I na figura 2, observamos que este apresenta um comportamento não usual com dois máximos locais (entre as notas 2 e 3 e entre as notas 7 e 8).

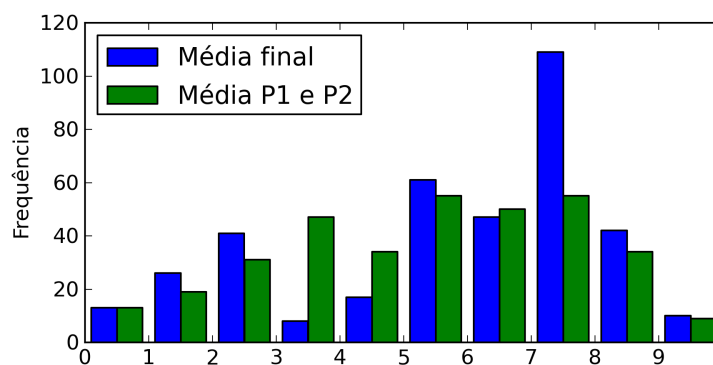


Figura 2: Histograma da nota e da média parcial de Cálculo I.

Acreditamos que fatores como desalento com a disciplina e/ou curso escolhido, redução do ritmo de estudo causado por uma acomodação pós-vestibular, dificuldade em se adaptar a um pensamento mais abstrato podem estar relacionados com a queda substancial de rendimento de uma parte dos alunos, que acabou obtendo médias baixas, entre 2 e 3, mas seria necessária uma investigação mais cuidadosa envolvendo entrevistas com alguns destes alunos para podermos obter uma justificativa mais embasada para este fenômeno.

Uma outra hipótese que poderíamos considerar para justificar um grupo de alunos com baixo desempenho comparado com o restante dos alunos é que teríamos turmas com desempenho muito inferior a outras devido à influência do professor que ministra a disciplina para a turma. Para verificarmos esta hipótese fizemos o gráfico das notas de Cálculo I por turma mantendo a linha reta que indica o comportamento global (ver figura 3 a seguir).

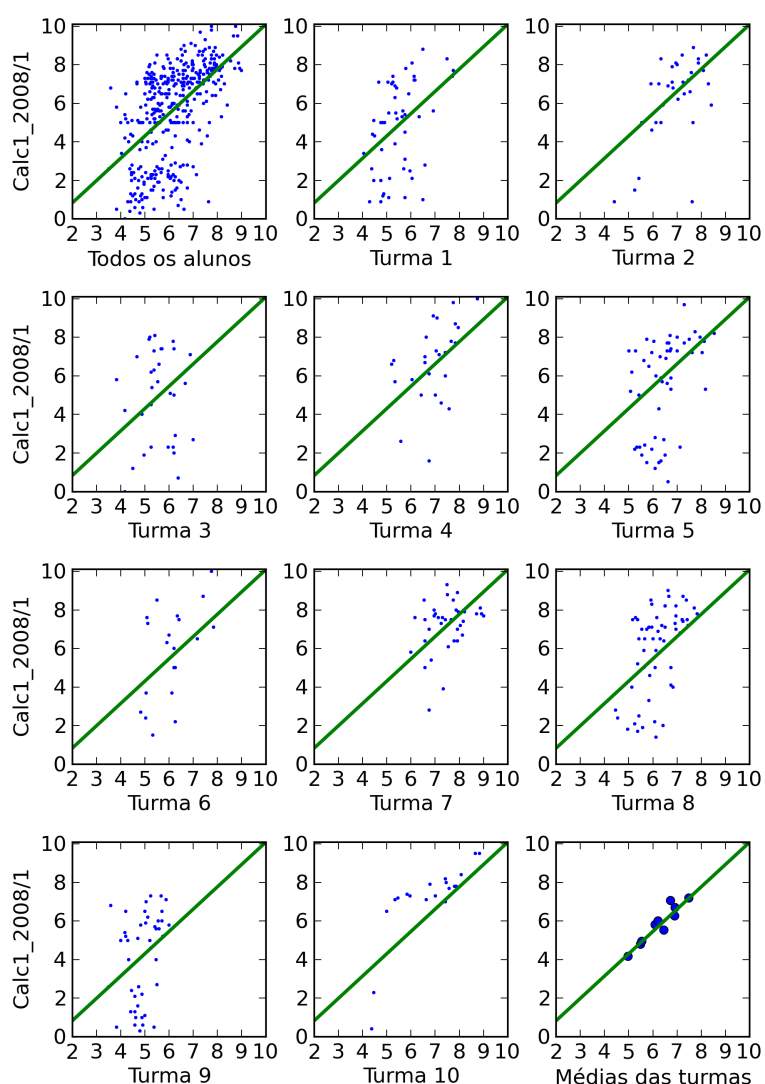


Figura 3: Média da prova específica versus notas de Cálculo I por turma

Os gráficos mostrados na figura 3 claramente não corroboram com esta hipótese, mas, por outro lado, sabemos que diversos alunos assistem aula fora de suas turmas, o que atenua essa influência. O último gráfico da figura 3 corresponde à média de Cálculo I por turma versus

a média da prova específica do vestibular de cada turma. Observamos que estas médias se alinham muito bem com a reta ajustada para todos os alunos (este último ajuste teve coeficiente de determinação de 0,90).

Para tentar verificar se as notas do Cálculo I dependem linearmente de mais de uma das provas do vestibular, realizamos regressões da nota de Cálculo I com cada par de disciplinas do vestibular verificando se o ajuste apresenta alguma melhoria. Analisados os ajustes, não foi observada nenhuma melhoria significativa.

Por outro lado, embora a maioria das notas do vestibular apresente um coeficiente de determinação baixo com relação à nota de Cálculo I, se consideramos como hipótese nula que não há dependência linear entre a nota de Cálculo I e a nota de cada disciplina no vestibular, com nível de significância de 1%, esta hipótese é rejeitada para todas as disciplinas do vestibular, com exceção de redação, história, geografia e biologia.

Analisando o coeficiente de determinação da segunda prova de Cálculo I em função da primeira prova da disciplina, obtivemos o valor de 0,45, não muito diferente do valor de 0,30 obtido para a nota de Cálculo I em função da média das provas específicas do vestibular. Como esperamos que a correlação entre os resultados das provas parciais de Cálculo I seja muito alta, já que a segunda parte da matéria depende fortemente da primeira e as habilidades necessárias para obter uma boa nota são, essencialmente, as mesmas, consideramos que o coeficiente de determinação obtido indica, mais uma vez, que a nota da prova específica do vestibular influencia fortemente o desempenho em Cálculo I.

3.2 Estudo comparativo - dependência entre a nota de Cálculo I e as notas do vestibular em turmas com avaliação não unificada

Um objetivo secundário desta pesquisa, ainda ligado aos objetivos principais, é investigar se os cursos e avaliações unificados para o conjunto de turmas alteram a correlação entre os resultados do Cálculo I e as provas de acesso à UFRJ. No primeiro semestre de 2007 os cursos de Cálculo I eram ministrados seguindo um programa unificado mas sem assegurar a homogeneidade das avaliações e dos critérios de correção. Em vista disto, os autores coletaram os dados dos alunos da Escola Politécnica ingressantes na UFRJ através do vestibular de 2007 e que cursaram integralmente Cálculo I no primeiro semestre de 2007, totalizando 398 alunos. Foram realizadas as mesmas análises estatísticas da Seção 3.1 procurando encontrar possíveis diferenças. Ressaltamos que este grupo de alunos, os egressos do vestibular de 2007, só foi considerado nos resultados apresentados nesta seção, não sendo considerados no restante deste trabalho. Em seu estudo sobre o mesmo tema desta Seção, relativo ao vestibular de 2006, Hansen [3] encontrara discrepâncias grandes entre as turmas analisadas que a levaram a não considerar duas das turmas e, também, utilizar apenas a situação de aprovação ou reprovação ao invés da nota obtida no curso de Cálculo I, como feito neste trabalho. Como foi dito na introdução deste trabalho, os resultados qualitativos obtidos por Hansen foram semelhantes aos aqui obtidos. A seguir, faremos um pequeno resumo comparativo.

O coeficiente de determinação r^2 do Cálculo I com as disciplinas do vestibular não se alterou significativamente; o valor encontrado considerando a prova de matemática, foi cerca de 0,17, para a prova específica alcançou 0,36 e, para a prova de redação, ficou em 0,01. A distribuição das notas do vestibular por quartis foi similar e confirmou que os alunos com melhores notas na provas específicas têm um desempenho bem superior em Cálculo I.

No entanto, ao analisarmos o resultado de cada turma observamos um comportamento bem distinto. Em algumas turmas tínhamos uma grande parte dos alunos com notas bem acima do esperado pela correlação e em outras com notas bem abaixo do esperado. Este comportamento

pode ser verificado na figura 4, que é similar à figura 3, considerando agora os alunos e turmas de 2007/1. Observe que o ajuste das médias por turma desta foi bem pior que o dos alunos de 2008/1, indicando que a avaliação personalizada de cada professor pode influenciar significativamente a média e variabilidade das notas das turmas.

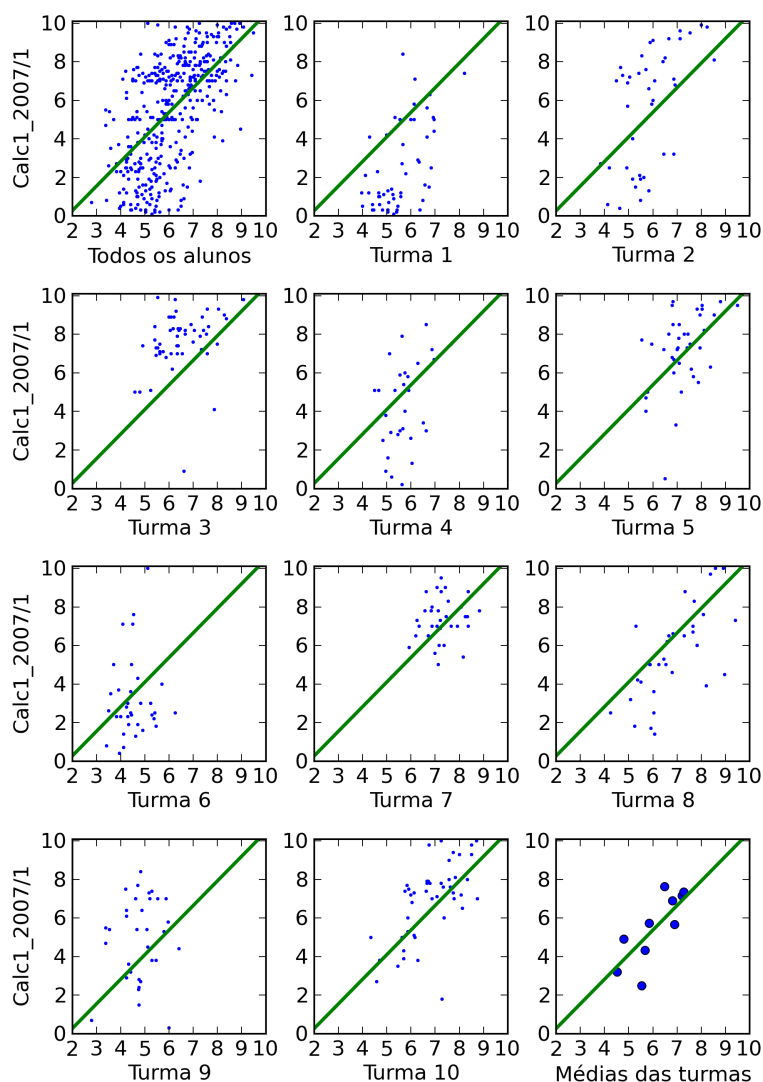


Figura 4: Média da prova específica (2007/1) versus notas de Cálculo I por turma

3.3 Índices de reprovação nos cursos de Cálculo

Como já dissemos na introdução, os índices de reprovação no Cálculo I costumam ser elevados e este fenômeno acontece nas mais diversas instituições. Dos 374 alunos que constituem a população analisada, 269 foram aprovados e 105 reprovados em Cálculo I em 2008/1 correspondendo, portanto, a um percentual de aprovação de 72%. No final do primeiro semestre de 2010, 96,5% da população considerada tinha sido aprovada e 2% teve a sua matrícula cancelada

Com relação ao Cálculo II temos que 336 alunos foram aprovados até 2010/2 (90%) e sete alunos se inscreveram e foram reprovados em 2010/2. Já no Cálculo III, 297 foram aprovados até 2010/2 (79% do total considerado) e 22 alunos ficaram reprovados em 2010/2.

Vemos que, embora os índices de reprovação dos cursos de Cálculo sejam elevados, um alto percentual dos alunos consegue concluir os cursos. A figura 5 mostra as aprovações em Cálculo I ao longo dos semestres.

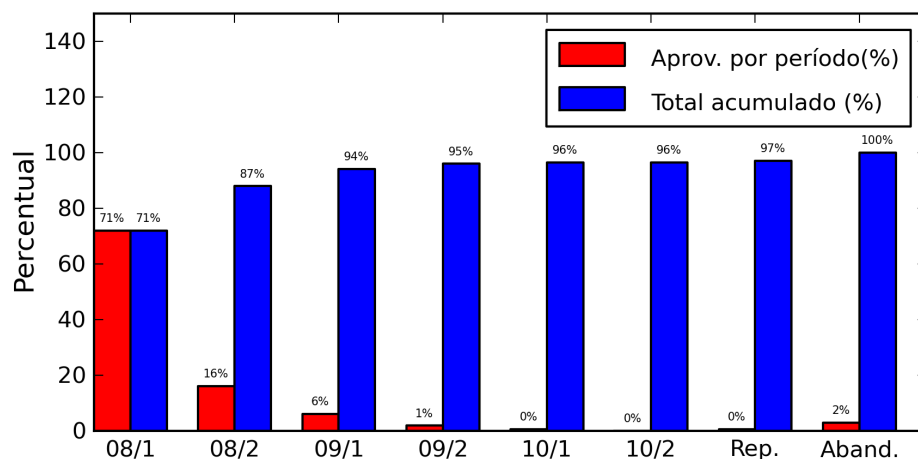


Figura 5: Distribuição das aprovações no Cálculo I

A figura 6 apresenta as aprovações em Cálculo III ao longo dos semestres letivos. Notamos que, mesmo quatro semestres depois que os primeiros alunos completaram este Cálculo, ainda temos 4% da população considerada sendo aprovada no segundo semestre de 2010 somente. Este retardo, bem maior que o observado no Cálculo I, ocorre devido às reprovações em todos os Cálculos, que implicam em um atraso cumulativo.

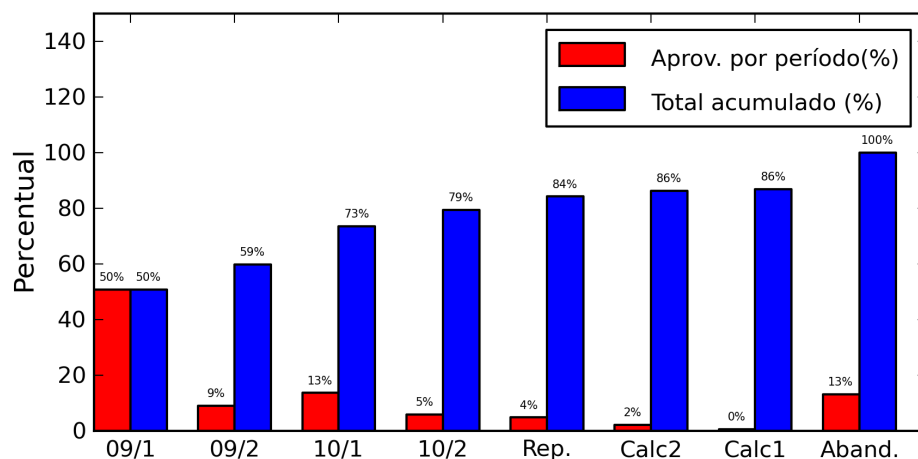


Figura 6: Distribuição das aprovações no Cálculo III

As tabelas 4 e 5, a seguir, detalham o perfil de reprovação dos alunos no Cálculo I. Vemos que o percentual de alunos que abandonou ou ainda não conseguiu passar em Cálculo I é pequeno (3,5%) e que o percentual de alunos que repetiu duas ou mais vezes foi cerca de 10% dos alunos, o que mostra que, apesar do índice de reprovação elevado, o Cálculo I não impediu o prosseguimento dos estudos para os alunos considerados.

Nº de reprovações	Nº de alunos	Percentual
0	269	71,93
1	61	16,31
2	24	6,42
3	5	1,34
4	2	0,53
Total	361	96,53

Tabela 4: Número de reprovações em Cálculo I dos alunos aprovados até 2010/2

Nº de reprovações	Nº de alunos	Percentual
1	5	1,34
2	4	1,07
3	2	0,53
4	0	0,00
5	2	0,53
Total	13	3,47

Tabela 5: Número de reprovações em Cálculo I dos alunos não aprovados até 2010/2

Com relação à correlação entre as notas dos cursos de Cálculo II e III e as notas do vestibular, observou-se uma redução substancial no coeficiente de determinação (r^2) dos Cálculos II e III com relação à prova específica do vestibular, como pode ser visto na tabela 6. Os alunos considerados para gerar estes dados foram os alunos que não foram reprovados em Cálculo I e II (230 alunos). Como este grupo é bem mais homogêneo que o total de alunos considerados, estes resultados devem ser vistos com alguma cautela, mas indicam que a importância do vestibular se dissolve ao longo do curso, ao menos para os alunos que cursam com bom aproveitamento as disciplinas de Cálculo do básico.

Disciplinas	Coef. determ.
Cálculo III versus Cálculo II	0,338
Cálculo III versus Cálculo I	0,226
Cálculo III versus prova específica do vestibular	0,060
Cálculo II versus Cálculo I	0,353
Cálculo II versus prova específica do vestibular	0,132
Cálculo I versus prova específica do vestibular	0,256

Tabela 6: Coeficientes de determinação (r^2) entre diversas disciplinas

3.4 Importância dos resultados nos cursos de Cálculo para o desempenho global dos alunos de Engenharia

A seguir investigaremos se a aprovação na primeira vez que cursou Cálculo I pode ser um bom preditor do sucesso do aluno no restante do curso de engenharia.

Dividimos estes alunos em três grupos: um grupo que concluiu mais de 75% do total de

créditos da sua especialidade em engenharia (incluindo-se aí os que já concluíram o curso), que denominaremos grupo A, outro grupo que contém alunos que cumpriram entre 25 e 75% do total de créditos, que iremos denominar grupo B e, finalmente, o grupo dos alunos que foram aprovados em menos de 25% do total de créditos do curso que denotaremos grupo C. O grupo A busca representar os alunos que têm uma grande probabilidade de conclusão com andamento razoável, o grupo B representa os alunos que terão uma dificuldade maior em chegar à conclusão do curso e o grupo C representa alunos que já tiveram sua matrícula cancelada ou têm um andamento tão lento que dificilmente conseguirão se formar.

O grupo A contém cerca de 73% dos alunos e os outros dois tem cerca de 13% cada um. Do grupo A, cerca de 21% foram reprovados em Cálculo I e cerca de 37% foram reprovados em algum dos cursos de Cálculo. Com relação ao grupo B cerca de 52% foram reprovados em Cálculo I e 80% foram reprovados em algum curso de Cálculo. Finalmente, no grupo C, 42% foram reprovados em Cálculo I e 66% foram reprovados em algum curso de Cálculo. Desta forma, o grupo C, constituído principalmente de alunos que cancelaram sua matrícula, não tem um desempenho tão ruim nos cursos de Cálculo e o abandono não pode ser atribuído, exclusivamente, à dificuldade com estas disciplinas.

Estes resultados parecem indicar que o curso de Cálculo I é um bom preditor do sucesso do aluno ao longo do curso de Engenharia. Alunos aprovados em uma única tentativa em sua maioria conseguem concluir o curso. Alunos reprovados terão bem mais dificuldade para conseguir se formar. Estes dados podem ser vistos na tabela 7.

Grupo	Alunos	Perc.(%)	Rep. C.I(%)	Rep.Cálc.(%)	Rep.Fís.(%)
Mais de 75% créd.	274	73,3	20,8	36,5	38,0
Entre 25% e 75% créd.	50	13,4	52,0	80,0	88,0
Menos de 25% créd.	50	13,4	42,0	66,0	68,0

Tabela 7: Reprovação em Cálculo I, Cálculos e Física por grupo (%)

Para investigar se a afirmação, feita por diversos alunos, de que a aprovação nos cursos de Cálculo e Física “assegura” a conclusão do curso de Engenharia, procuramos indicadores que pudessem comprovar ou rejeitar este tipo de afirmação. Como os alunos em análise cursam diversas especialidades distintas, é difícil comparar os índices de reprovação das disciplinas do curso profissional com as do curso básico. Um bom indicador é o total de vezes que os alunos são reprovados nos cursos básicos comparado ao número total de vezes que os alunos são reprovados em disciplinas do curso profissional.

Ao realizar esta análise, obtivemos que cerca de 17% das reprovações dos alunos do grupo A foram em cursos de Cálculo. Outros 17% correspondem a reprovações em cursos de Física e 51% das reprovações foram em matérias ministradas pelos diversos cursos de Engenharia. Os outros 15% restantes correspondem a cursos de Computação, Cálculo Numérico, Álgebra Linear, Estatística, Química, etc.

O grupo B teve 20% das reprovações nos cursos de Cálculo, 18% nos cursos de Física, e 42% nos cursos de Engenharia. Estes números são similares aos do grupo A, indicando que o grau de dificuldade relativo das disciplinas das diferentes áreas não depende fortemente do grupo em análise. A redução nas reprovações com relação às disciplinas da Engenharia se justifica pelo menor número de disciplinas do ciclo profissional cursadas, já que estes alunos não estão muito próximos da conclusão.

Finalmente, o grupo C tem 25% das reprovações em cursos de Cálculo, 22% em cursos de Física e 25% em cursos relativos à Engenharia. A interpretação dada para o grupo B se adequa também neste grupo de alunos. A tabela 8 apresenta o detalhamento destes resultados.

Grupo	Alunos	Rep.Cálc.(%)	Rep.Fís.(%)	Rep.Eng.(%)	Rep.Out.(%)
Mais de 75% créd.	274	17,3	17,1	51,2	14,4
Entre 25% e 75% créd.	50	20,0	18,2	41,7	20,1
Menos de 25% créd.	50	24,8	21,8	24,5	28,9

Tabela 8: Numero de reprovações nos cursos de Cálculo, Física e de Engenharia por grupo (%)

Concluimos que, embora o índice de reprovação no Cálculo seja bastante elevado, especialmente no Cálculo I, o total de reprovações nos cursos específicos da Engenharia é bem maior, principalmente no grupo de alunos que cursaram mais créditos (grupo A). De toda a forma, a soma das reprovações em Cálculo, Física e outras matérias básicas é da mesma ordem que a das disciplinas da Engenharia. Isto mostra que a conclusão do curso de Engenharia não depende somente da aprovação nos cursos de Cálculo e Física, como era de se esperar.

4 CONCLUSÕES

Na introdução apresentamos perguntas que pretendíamos responder nesta pesquisa. Embora já tenhamos, no decorrer do texto, apresentado algumas respostas, em síntese obtivemos que:

- O desempenho em Cálculo I, bem como Física I, está relacionado ao desempenho geral no vestibular e, mais especificamente, com a média das provas específicas (matemática, física e química). Não há, entretanto, correlação com história, geografia, biologia e redação.
- Dentre os 374 alunos analisados, 297 finalizaram até 2010/2 (ao longo de até de seis semestres) os três primeiros Cálculos, o que representa 79,4%.
- A reprovação em Cálculo I é elevada, mas, ao longo dos semestres, observamos que cerca de 95% dos alunos lograram aprovação.
- O desempenho em cada curso de Cálculo tem uma forte correlação com o desempenho dos alunos ao longo do curso de Engenharia. Obtivemos que os alunos aprovados em Cálculo I na primeira vez que cursaram a disciplina constituem 80% dos alunos que tem andamento ótimo ou bom nos cursos de Engenharia.
- O total de reprovações nos cursos de Cálculo corresponde a cerca de 17% das reprovações do grupo dos alunos com melhor desempenho (grupo a). Já as matérias relativas ao curso de Engenharia correspondem a cerca de 51% das reprovações.
- Considerando somente os alunos que concluíram os dois primeiros cursos de Cálculo em dois semestres, obtivemos que a nota da prova específica do vestibular tem uma correlação linear bem menor com relação ao Cálculo III do que com relação ao Cálculo I. Além disso, a correlação linear entre uma disciplina de Cálculo e a disciplina seguinte é algo maior que a correlação entre o Cálculo I e a prova específica do vestibular. Isto é um indicador que a importância do desempenho na prova de acesso se dissolve ao longo do curso superior, mas este resultado deve ser encarado com cuidado devido à redução na amostra considerada.

Vivemos, atualmente, um período de muitos questionamentos em relação aos mecanismos de entrada na universidade e, também, qual o público a que ela se destina. Estas duas questões estão diretamente interligadas. Surge daí, naturalmente, a curiosidade e necessidade de saber o que cobrar na prova de acesso para que se “garanta”, de algum modo, o sucesso do aluno no curso a que ele está concorrendo. Questiona-se também se o ambiente universitário, por si próprio, pode incitar o aluno a se desenvolver, mesmo que venha despreparado.

Acreditamos que a prova de acesso tem, não somente, a função de selecionar aqueles que vão entrar na universidade, mas também apontar diretrizes para o ensino médio. Neste estudo, por exemplo, concluímos que português e, especialmente, redação quase não têm relação com o desempenho em Cálculo I ou Física I. Seria, porém, o caso de retirar estes conteúdos das competências que são consideradas para o acesso aos cursos de Engenharia? Deve-se olhar com cautela conclusões como estas, sem esquecer que a forma como são preparadas as provas de acesso à universidade têm influência no que é dado e como é dado no ensino médio. Convém ressaltar que este trabalho se refere, principalmente, aos cursos de Cálculo e, certamente, diversas outras habilidades são necessárias para uma boa formação em Engenharia. Por exemplo, a prova de redação, que não apresentou correlação com os resultados de Cálculo I deve ter grande relação com a elaboração de memoriais descritivos dos projetos e, portanto, tem importância fundamental nas disciplinas dos cursos e, também, na atividade do Engenheiro. Pode-se questionar, também, se a fraca correlação com algumas disciplinas do vestibular deve-se ao modo como o aluno é avaliado em Cálculo I ou a como são preparadas as provas do vestibular. Estas são questões interessantes para reflexão e estudos posteriores.

Há grande debate sobre o acesso à universidade, mas também há que se perguntar se estamos oferecendo cursos de qualidade. Em especial, se estamos oferecendo a um aluno de primeiro ano de graduação o que, numa primeira impressão, pode parecer contraditório: meios para minimizar o impacto com as diferenças entre o ensino médio e superior e, ao mesmo tempo, formação para ser um indivíduo intelectualmente independente e autônomo.

Agradecimentos e Informações adicionais

Para a realização deste trabalho foram desenvolvidos programas em Python para manipular as múltiplas informações dos arquivos de histórico dos alunos disponíveis para os autores apenas no formato pdf. Foram utilizadas, também, as bibliotecas NumPy, SciPy e Matplotlib e o programa R que permitiram fazer os tratamentos estatísticos e elaborar os gráficos.

Agradecemos aos professores Marco Aurélio Palumbo Cabral e Flavia Landim pelas sugestões com relação a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] D. W. Bean. *Aprendizagem pessoal e aprendizagem afastada: o caso do aluno de cálculo*. PhD thesis, Unicamp, Campinas, SP, Brasil, 2004.
- [2] G. Gueudet. Investigating the secondary-tertiary transition. *Educational Studies in Mathematics*, 67:237–254, 2008.
- [3] N. C. Hansen. Vestibular-UFRJ e Cálculo I: a aprovação e a reprovação em Cálculo I explicadas pelo desempenho no vestibular. Technical report, UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.
- [4] V. Pereira. Cálculo no ensino médio: uma proposta para o problema da variabilidade.

Master's thesis, UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

- [5] G. Pinto. Compreensão gráfica da derivada de uma função real em um curso de cálculo semipresencial. Master's thesis, UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.
- [6] W. W. Rezende. Um mapeamento das ideias fundamentais do cálculo no ensino básico. In *III Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 2006.
- [7] A. Robert e R. Schwarzenberger. Research in teaching and learning mathematics at an advanced level. In David Tall, editor, *Advanced Mathematical Thinking*, p. 127–139. Springer Netherlands, 1991.
- [8] D. Tall. The Psychology of Advanced Mathematical Thinking. In David Tall, editor, *Advanced Mathematical Thinking*, p. 3–21. Springer Netherlands, Dordrecht, 1991.

Nota Final

Após a submissão deste artigo, no dia em que finalizava a adequação e formatação para publicação, o professor Ivo Fernandez Lopez sentiu-se mal, foi hospitalizado e posteriormente faleceu, em 11 de março de 2014. Pesquisador ativo e professor dedicado, será sempre lembrado por seu senso de responsabilidade, seu espírito generoso e solidário. Fica aqui uma homenagem. Sentiremos muito sua falta, mas seu legado profissional e humano permanece.