

Relatório de avaliação SCALE-UP

I – Introdução

A implementação da metodologia SCALE-UP no IFUSP teve início em 2014, último ano de existência da disciplina de Introdução à Física para os ingressantes. Nesse ano, a metodologia foi introduzida de maneira parcial, durante uma das três aulas semanais da disciplina, com as duas demais aulas em formato expositivo tradicional. A bibliografia adotada consistiu do Curso de Física Básica, de H. M. Nussenzveig, e de Física, de Young e Friedman.

A partir de 2015, a metodologia passou a ser empregada de forma integral, com duas “aulas-atividade”, realizadas na sala especialmente adaptada para o trabalho em equipe (sala 212 da Ala II), e uma aula de exercícios, realizada em sala comum. Além da extinção da disciplina de Introdução à Física, com a antecipação, em um semestre, das demais disciplinas de física básica, entraram também em vigor reformas curriculares do IAG que também envolveram a antecipação da disciplina de Física 1; na grade do curso de Meteorologia, essa disciplina passou do quarto para o primeiro semestre. Essas mudanças causaram também um deslocamento relativo entre as disciplinas de física básica (especialmente Física 1, 2 e 3) e de cálculo diferencial e integral. Além disso, a extinção de Introdução à Física reduziu quase à metade a carga horária disponível para o conteúdo da atual Física 1, limitando bastante o tempo disponível nas aulas de Física 1 para cobrir paralelamente o conteúdo de Cálculo 1, como na prática era feito anteriormente.

Para fazer face a essa dificuldade, a equipe do SCALE-UP decidiu adotar uma abordagem gradual de utilização das ferramentas do cálculo diferencial e integral ao longo de Física 1. Essa abordagem envolve o uso de simulações computacionais para analisar problemas físicos, especialmente na primeira metade da disciplina, simultaneamente com a introdução de conceitos de derivadas e integrais a partir de limites de cálculos computacionais quando os passos de tempo considerados tendem a zero. O uso de simulações computacionais tem ainda a vantagem de oferecer um primeiro contato com a física computacional já no primeiro semestre de curso, bem como de permitir tratar problemas tecnicamente mais complexos do que aqueles a que os alunos acostumam-se no Ensino Médio, ajudando a combater algumas das concepções lá geradas, como a ideia de que o movimento mais geral de um objeto ocorre em linha reta com aceleração constante. Para cobrir os conceitos necessários a essa abordagem computacional, à bibliografia do curso foi acrescido Física Básica – Matéria e Interações, de Chabay e Sherwood, utilizado especialmente na primeira metade da disciplina. As ferramentas de cálculo diferencial e integral são apresentadas aos estudantes ao longo da disciplina, e o domínio de derivadas é estimulado desde a primeira metade da disciplina, enquanto a utilização de integrais é intensificada durante a segunda metade.

Em Física 2, quando os alunos já completaram a disciplina de Cálculo 1, todas as ferramentas ali apresentadas são utilizadas regularmente, acrescidas da álgebra dos números complexos, de técnicas de solução de equações diferenciais e da ideia de derivadas parciais. A bibliografia utilizada consiste do Curso de Física Básica, de H. M. Nussenzveig, de Física Básica – Matéria e Interações, de Chabay e Sherwood, e de Físico-Química, de Atkins e de Paula (este último para cobrir o conteúdo de potenciais termodinâmicos, incluído na ementa após a reforma curricular).

Informações e considerações gerais

- Os dados analisados aqui são os dos boletins finais de notas do Sistema Júpiter, dos anos de 2012 a 2017, das disciplinas de Física 1, Física 2 e Física 3. Comparamos a estatística de alunos aprovados (A), reprovados por nota (RN) e reprovados por ambos os critérios, de nota e de frequência (RA). Consideramos essa uma avaliação necessária, mas “de ordem zero”, sobre o método. Outros indicadores devem ser analisados no futuro, e precisamos de mais estatística, pois a primeira turma submetida integralmente ao método irá se formar neste ano de 2018.
- Como são diferentes os critérios de aferição da frequência nos métodos tradicional e “SCALE-UP”, é difícil comparar dados de desistência (RA) ou reprovação apenas por nota (RN); é tradição nos cursos tradicionais do IF avaliar a frequência pela presença nas provas, de modo que alunos RA em geral nem fizeram metade das provas e muitos alunos reprovados “apenas” por nota (RN) talvez não tivessem frequência se a presença em aula fosse levada em consideração. No SCALE-UP, por outro lado, a frequência de fato foi aferida aula a aula e todos os alunos reprovados que não tiveram frequência mínima de ~50% nas aulas acabaram reprovados por ambos, como de fato

o foram. Vários desses alunos fizeram todas as provas. Portanto, na avaliação nos concentramos nos índices de aprovação.

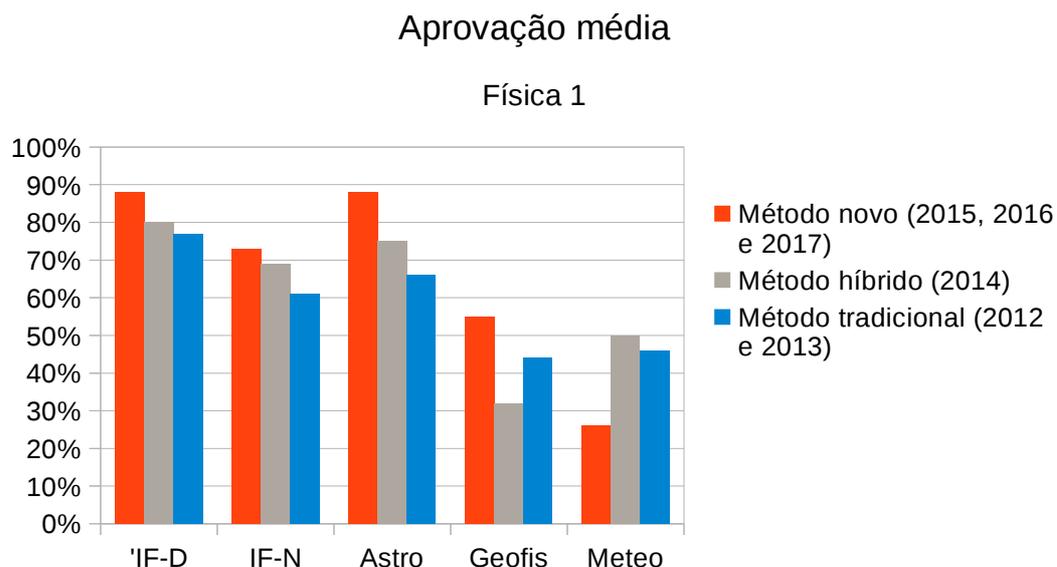
- **Em 2014**, ano do início da mudança, como explicado na introdução, o método foi aplicado de forma parcial, em apenas uma aula, mantendo-se as outras duas no formato tradicional. Vamos chamar essa forma intermediária de “método híbrido”. Em 2015, implementou-se integralmente a nova proposta metodológica (SCALE-UP). O curso de 2015 foi revisado e bastante modificado em 2016, para melhorar várias atividades, corrigir falhas e incorporar sugestões da Comissão Coordenadora do Bacharelado em Física. Em 2017 e 2018 as modificações foram menores.
- **Em 2015**, a disciplina de Física 2 foi ministrada duas vezes. No primeiro semestre, de forma completamente tradicional, por outra equipe, para os ingressantes de 2014 que saíram do curso híbrido e, no segundo semestre, para os ingressantes de 2015, que já cursaram Física 1 no primeiro semestre, com a nova ementa e no método novo. **Em 2016**, as turmas de Física 2 do noturno foram ministradas de forma tradicional, com outra equipe.
- Até o momento, ministrando aulas e/ou colaborando com o material, participaram da equipe 11 docentes (em ordem alfabética): Alexandre Correia, Alexandre Suaide, André Vieira, Carmen Prado, Henrique Barbosa, José Roberto de Oliveira, Leandro Gasques, Marcio Varella, Maria Teresa Lamy, Renato Higa e Vera Henriques.
- Entendemos que a eficiência do método “SCALE-UP” deve ser avaliada “em si”, com análises (i) da aderência do conteúdo ministrado à ementa prevista, (ii) da adequação do nível de profundidade das aulas e do nível de cobrança nas provas e (iii) do desempenho dos alunos. Embora seja esperado que os alunos aprovados em Física 2 tenham plenas condições de acompanhar Física 3, o objetivo principal de Física 2 é ensinar adequadamente a ementa dessa disciplina. Outros fatores podem contribuir para eventuais dificuldades dos alunos em Física 3 e 4. Mas, por sabermos ser este um ponto importante na discussão que vem sendo feita, analisamos também, de forma comparativa, o desempenho dos alunos em Física 3.
- **Crterios de avaliao:** nas últimas verses, há 3 provas e 3 ou 4 provinhas que, juntas, tm um peso de 85% na nota final (mdia das provas 60% e provinhas 25%); há ainda uma prova substitutiva “fechada”. Há outros 3 grupos de atividades avaliadas (a mdia de cada um dos quais com peso 5%): as realizadas em classe (de quatro a seis por semana); os questionrios prvios feitos pelo *moodle* antes da aula, com questes mais simples sobre o contedo de estudo prvio (dois por semana); e as listas de exerccios.
- Vrias coisas (alm do mtodo) mudaram ao longo desses anos. É essencial que sejam levadas em conta. Listamos algumas dessas mudanas abaixo.
 - **Mudana curricular**, com a extino da disciplina de Introduo à Física (“Física Zero”) e o conseqente rearranjo das disciplinas de física bsica nos semestres seguintes. Essa alterao no afetou apenas o primeiro ano e, em particular, Física 3 passou do quarto semestre (quando os alunos j tinham terminado a disciplina de Cclculo 3) para o terceiro (quando os alunos acabam de sair da disciplina de Cclculo 2). Para os alunos de Meteorologia, houve uma antecipao ainda maior, de trs semestres (Física 1 passou do quarto semestre para o primeiro). Avaliamos que, nessas antecipaes, mais do que a eventual “defasagem” do contedo de clculo, (i) há uma perda na “maturidade” no tratamento analtico mais formal e abstrato e (ii) há um “filtro” a menos no percurso (parte dos alunos pior preparados eram barrados antes da disciplina), afetando o perfil da amostra analisada.
 - **Disciplinas de clculo:** há outro problema srio relacionado às disciplinas de clculo, agravado com a mudana curricular: a grande discrepncia (i) no contedo, (ii) no ritmo e (iii) na profundidade com que essa disciplina é ministrada (a) entre as diversas turmas de um mesmo perodo, (b) entre as turmas do diurno e do noturno no IF e ainda (c) entre o IF e o IAG. Essas discrepncias tornaram-se mais srias com a fuso das disciplinas de Introduo à Física e Física 1, j que temos menos tempo disponvel para “cobrir lacunas” de clculo em Física 1. É importante notar que esse é e ser um problema para qualquer mtodo.

II – Principais resultados

Observamos que:

- Há um aumento na aprovação dos alunos em Física 1 e 2, tanto no diurno (D) como no noturno (N), com exceção dos alunos do curso de Meteorologia em Física 1.
- Mesmo frente a esses maiores níveis de aprovação em Física 1 e 2, os índices de aprovação em Física 3 têm se mantido compatíveis com aqueles observados antes da extinção de Introdução à Física e da “antecipação” da disciplina de Física 3 do quarto para o terceiro semestre.

Resultados de Física 1



Os resultados sintetizados no gráfico acima e nas tabelas a seguir apontam para um claro aumento na aprovação dos alunos do IF (D e N), do IAG-Astronomia e IAG-Geofísica; ainda, pode-se especular que a mudança metodológica em apenas uma das aulas da semana, com a manutenção de aulas expositivas, não foi tão eficiente. Esses resultados são claramente favoráveis ao novo método, tendo em vista que os alunos de Física 1, no novo método, são ingressantes e fizeram Física 1 com um conteúdo ampliado (antiga Introdução à Física, acrescida dos tópicos de conservação de momento, centro de massa, colisões e dinâmica do corpo rígido); ainda, a amostra no caso do novo método contempla **todos** os ingressantes (nenhum “filtro” prévio a eliminar alunos com mais dificuldade, papel antes desempenhado por Introdução à Física). No caso da Meteorologia, há que se pesar, na comparação do desempenho, que, no novo método, estamos comparando o desempenho de calouros recém-chegados à USP com o de alunos no quarto semestre.

Aprovação média

Período	IF – D	IF – N	Astro	Geofis	Meteo
Método tradicional (2012 e 2013)	77%	61%	66%	44%	46%
Método híbrido (2014)	80%	69%	75%	32%	50%
Método novo (2015, 2016 e 2017)	88%	73%	88%	55%	26%

ano	IF-D			IF-N		
	Aprovados	RN	RA	Aprovados	RN	RA
2012	72%	7%	21%	51%	31%	19%
2013	82%	10%	8%	71%	20%	9%
2014	80%	11%	9%	69%	14%	17%
2015	86%	5%	8%	73%	8%	19%
2016	87%	7%	6%	69%	16%	16%
2017	92%	3%	5%	78%	9%	13%

ano	IAG-astro			IAG-geofis			IAG-meteo		
	Aprovados	RN	RA	Aprovados	RN	RA	Aprovados	RN	RA
2012	53,8%	38,5%	7,7%	43,3%	43,3%	13,3%	53,3%	40,0%	6,7%
2013	85,7%	7,1%	7,1%	65,4%	30,8%	3,8%	57,1%	35,7%	7,1%
2014	85,7%	7,1%	7,1%	40,0%	48,0%	12,0%	77,8%	22,2%	0,0%
2015	85,7%	7,1%	7,1%	45,8%	54,2%	0,0%	28,9%	47,4%	23,7%
2016	83,3%	0,0%	16,7%	60,0%	16,7%	23,3%	22,2%	44,4%	33,3%
2017	94,1%	0,0%	5,9%	63,0%	33,3%	3,7%	28,6%	17,9%	53,6%

Equipes de Física 1 (com Introdução à Física, até 2014)

2012: Euzi C. F. Silva, Rafael S. Freitas, Roberto Ribas e Valmir Chitta.

2013: Euzi C. F. Silva, Rafael S. Freitas, Roberto Ribas e Valmir Chitta.

2014: Carmen Prado, Márcio Varella, Maria Teresa Lamy e Renato Higa.

2015: Carmen Prado, Márcio Varella, Maria Teresa Lamy, Renato Higa e José Roberto Brandão

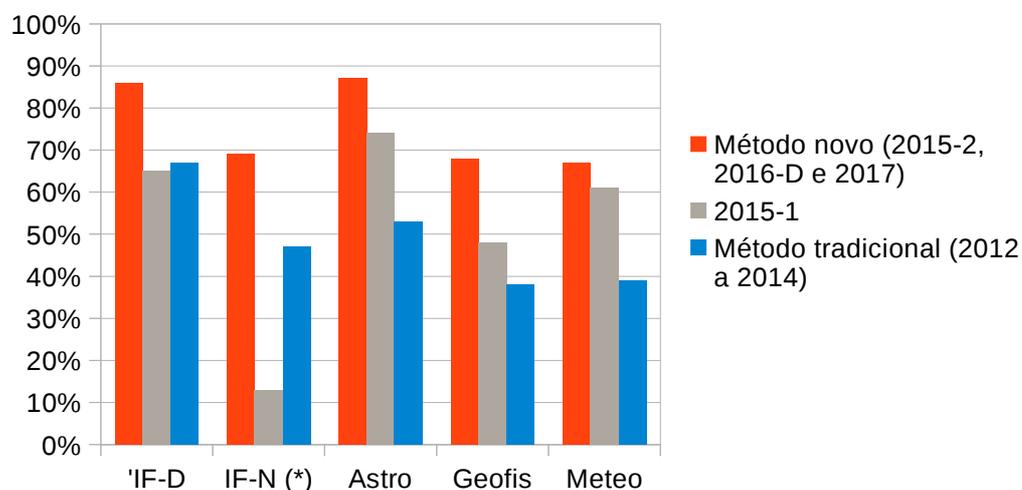
2016: André Vieira, José Roberto Brandão, Maria Teresa Lamy e Renato Higa

2017: Alexandre Correia, André Vieira, José Roberto Brandão e Maria Teresa Lamy

Resultados de Física 2

Até 2015-1, ministrada no segundo ano, com ementa antiga; a turma 2015-1 fez o curso híbrido em 2014, mas cursou Física 2 de forma totalmente tradicional, com outra equipe, no segundo ano.

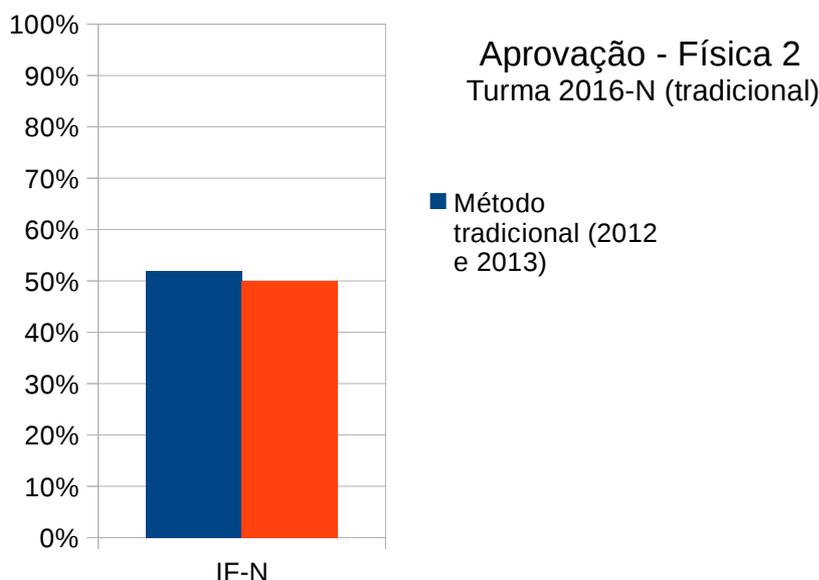
Aprovação - Física 2



Os resultados também apontam um aumento na aprovação com o novo método, no IF e em todos os cursos

do IAG, inclusive Meteorologia. Há um ponto totalmente fora da curva (*), no noturno em 2015-1, com aprovação de apenas 13%, mas com desistência (RA) de 65%. Foi um curso tradicional, dado por outra equipe, ainda no segundo ano.

Em 2016, apenas o diurno foi considerado nas estatísticas do método novo (SCALE-UP); como no noturno o curso foi tradicional, os resultados foram separados. O desempenho do noturno, nesse semestre de 2016-2 (Física 1 pelo método novo mas Física 2 pelo método tradicional) foi similar ao desempenho observado nessa disciplina no método antigo; não há evidência de que o método “SCALE-UP” tenha prejudicado a capacidade dos alunos acompanharem a disciplina quando ministrada pelo método tradicional. No diurno, em 2016-2, a aprovação foi de 86%.



Período	IF – D	IF – N	Astro	Geofis	Meteo
Método tradicional (2012 a 2014)	67%	47%	53%	38%	39%
2015-1 (tradicional)	65%	13%	74%	48%	61%
2016 – N (tradicional com scale-up antes)	---	50%	---	---	---
Método novo (2015-2, 2016 – D e 2017)	86%	69%	87%	68%	67%

Equipes de Física 2

2012 – José Roberto de Oliveira, Lucy Assali e Renato Higa

2013 – Lucy Assali, Renato Higa e Paulo Nussenzveig

2014 – Ivone Albuquerque, Luiz Carlos Nagamine e Valdir Bindilatti

2015-1 – Antônio Piza, Luiz Carlos Nagamine e Kazunori Watari

2015-2 – Carmen Prado, José Roberto de Oliveira, Márcio Varela, Renato Higa e Vera Henriques

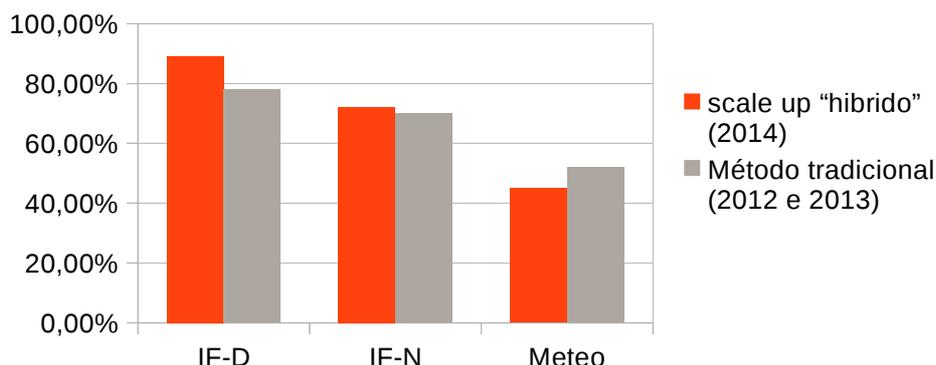
2016 – André Vieira e José Roberto de Oliveira (D); Airton Deppman e S. Morelhão (N, tradicional)

2017 – Alexandre Correia, Alexandre Suaide, André Vieira e José Roberto de Oliveira

Resultados de Introdução à Física

Apresentamos no gráfico e na tabela a seguir, por completeza, uma comparação dos resultados de Introdução a Física (2012-2013 → método tradicional, 2014 → método híbrido). Apenas os alunos da Meteorologia faziam Introdução à Física junto com o IF.

Aprovação - Introdução à Física



Período	IF – D	IF – N	IAG – Meteo
Método tradicional (2012 e 2013)	78%	70%	52%
Método híbrido (2014)	89%	72%	45%

Resultados de Física 3

Informações e considerações gerais

- A partir do segundo ano, constatamos que, para entender melhor o que está acontecendo, é imprescindível olhar com mais cuidado a composição de cada turma. Menos de 50% dos alunos regularmente matriculados estão no “semestre ideal” e, principalmente nos últimos anos, é possível encontrar um número não desprezível de alunos regularmente matriculados sem os pré-requisitos obrigatórios. Além dos alunos que repetiram disciplinas, há um número grande de reingressantes que fizeram Física 1 e 2 em outra unidade e, na maior parte dos casos, apresentam histórico escolar bastante irregular. Ainda, a maioria dos alunos fora do semestre ideal é formada por repetentes que não fizeram Física 1 e 2 recentemente, portanto as fizeram no método tradicional.
- Dessa forma, é possível que proceda a observação empírica que nos foi relatada de que “há muitos alunos totalmente despreparados” nas turmas de Física 3, que não deveriam estar lá; o que não procede é a conclusão de que isso necessariamente tem a ver com a nova metodologia “SCALE-UP”, já que cerca de metade dos alunos da turma não fez as disciplinas de Física 1 e 2 com esse método. Na turma de 2017, por exemplo, uma análise detalhada mostra que, se considerarmos apenas os alunos do D ingressantes em 2016-1 (semestre ideal) que fizeram Física 1 e 2 com SCALE-UP e foram aprovados em Física 2, vemos que cerca de 80% foram aprovados em Física 3, em um curso matematicamente bastante sofisticado como parece ter sido o ministrado em 2017.
- Por conta disso, comparamos também os índices de aprovação dos alunos “em semestre ideal” nos anos anteriores, pois a maioria desses alunos, em 2016 e 2017, de fato fez SCALE-UP (ainda seria preciso retirar os alunos sem pré-requisitos e os reingressantes, mas isso requer a análise dos históricos escolares, um a um, o que não foi feito).
- Como descobrir o perfil de cada turma é um trabalho complicado, pois, além da classificação por ano de ingresso, é necessário separar os reingressantes, olhando o histórico escolar de cada um, fizemos essa análise apenas para a turma que ingressou em 2016 e fez Física 3 em 2017. Para efeito de análise e comparação, apenas consideramos os alunos cujo registro de ingresso na listagem fornecida correspondia ao semestre ideal.

Equipes de Física 3

2012 – M. Robilotta, Maria Cristina Santos

2013 – M. Robilotta, Suzana Salém

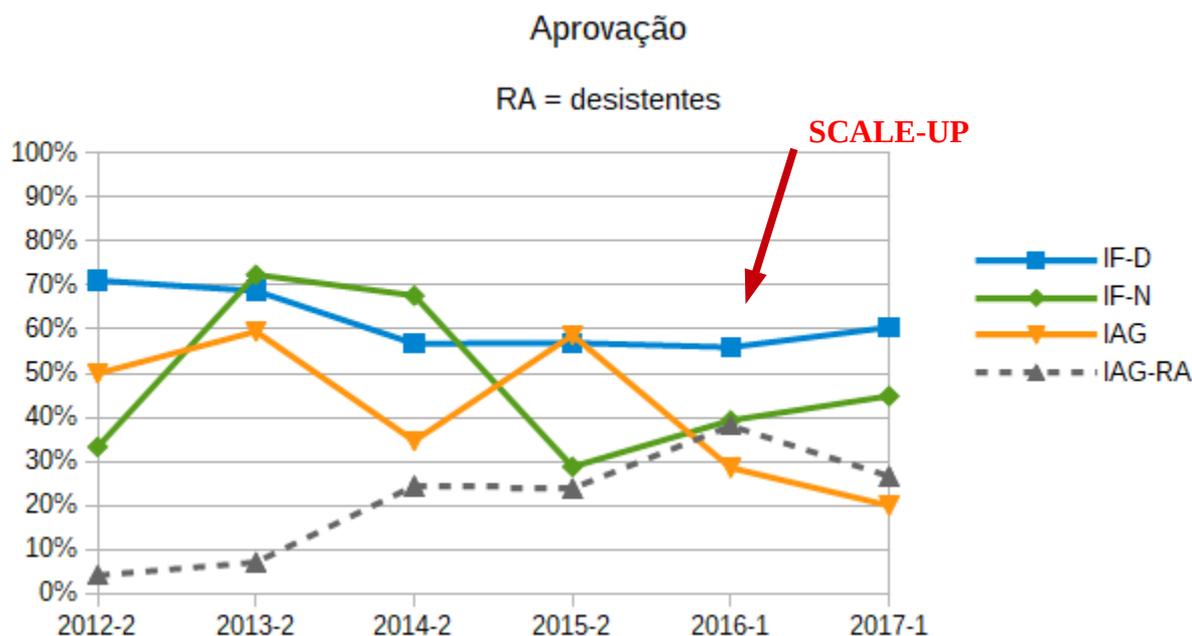
2014 – F. Navarra, Ivone Albuquerque

2015 – Jorge Lyra, Renata Funchal, Ruy Pepe

2016 – E. Bertuzzo, A. Piza, Renata Funchal

2017 – E. Bertuzzo, A. Piza, A. Gammal

O gráfico e a tabela a seguir referem-se ao universo inteiro de alunos. Somente mais adiante abordamos o corte restrito aos alunos em semestre ideal.



Comentários

- **Só a partir de 2016 há alunos de Física 3 que fizeram Física 1 e 2 pelo método novo.** As turmas de 2012, 2013 e 2014 só continham alunos que fizeram Física 1 e 2 pelo método tradicional, com outra equipe e no currículo antigo (com Introdução à Física e Física 3 no quarto semestre, depois de Cálculo 3). A turma de 2015 fez um curso híbrido no primeiro ano (Introdução à Física e Física 1, duas aulas expositivas por semana + uma aula de trabalho em grupo, sem leitura prévia cobrada e sem computadores) e um curso de Física 2 no segundo ano de forma completamente tradicional, com outra equipe (Piza, L. C. Nagamine e Kazunori Watari).
- De 2014 até 2017, os índices de aprovação dos alunos do IF-D são praticamente os mesmos.
- No noturno, nas turmas pré SCALE-UP, o índice de aprovação oscilou muito: 33% em 2012, 72% em 2013, 69% em 2014 e 29% em 2015. Há que se entender melhor o que houve, através de uma análise mais cuidadosa do perfil das turmas, mas é nossa opinião que essa flutuação provavelmente está mais relacionada com o perfil da equipe ou do docente que ministrou a disciplina em cada ano.
- Há que se notar um aumento na desistência (RA) dos alunos do IAG a partir de 2014, com pico em 2016. A queda na porcentagem dos alunos aprovados no IAG está diretamente relacionada com o aumento na desistência. Não é claro que isso se deva apenas ou principalmente ao novo método, dadas as modificações curriculares concomitantemente implementadas

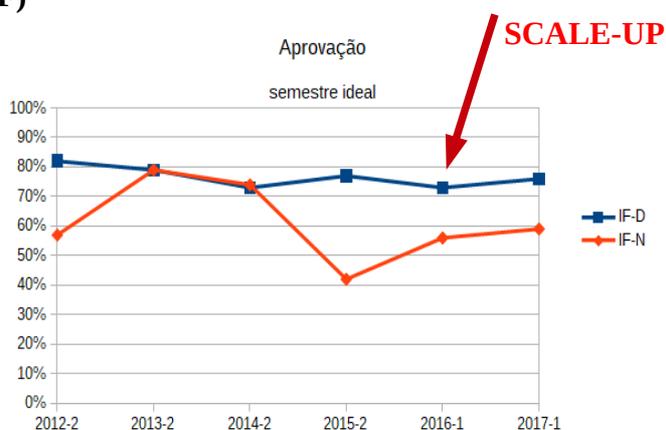
ano	IF-D			IF-N			IAG-D		
	Aprovados	RN	RA	Aprovados	RN	RA	Aprovados	RN	RA
2012-2	71%	18%	11%	33%	37%	29%	50%	46%	4%
2013-2	69%	20%	11%	72%	17%	10%	60%	33%	7%
2014-2	57%	32%	11%	68%	15%	17%	35%	41%	24%
2015-2	57%	14%	29%	29%	29%	42%	59%	17%	24%
2016-1	56%	20%	24%	39%	36%	25%	29%	33%	38%
2017-1	60%	29%	11%	45%	55%	0%	20%	53%	27%

Análise dos alunos em semestre ideal – Física 3

Aprovação dos alunos no semestre ideal (IF)

Porcentagem de alunos aprovados

ano	IF-D	IF-N
2012-2	82%	57%
2013-2	79%	79%
2014-2	73%	74%
2015-2	77%	42%
2016-1	73%	56%
2017-1	76%	59%



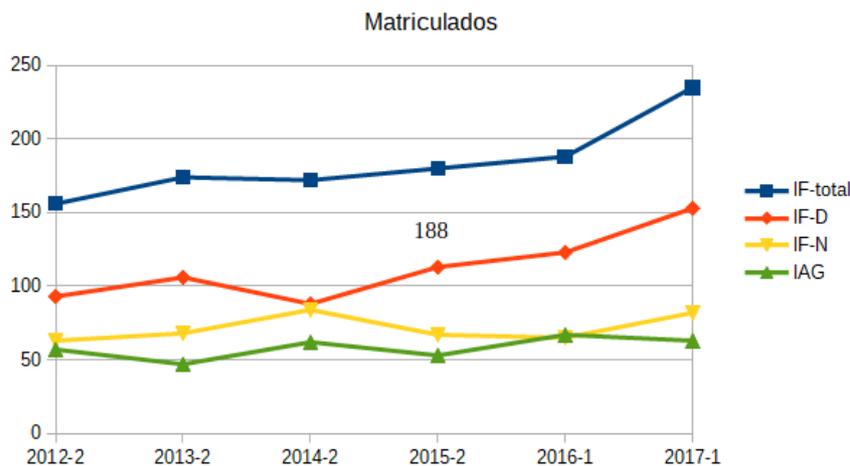
Comentários:

- Quando eliminamos da amostra os repetentes, os índices de aprovação em Física 3 são (a) altos e (b) praticamente constantes entre 2012 e 2017, notadamente no D.
- Em 2013 e 2014 os índices de aprovação no N foram iguais aos do D e acima da média dos demais semestres.
- Os resultados de 2016-1 e 2017-1 são bastante satisfatórios quando lembramos que estamos comparando o desempenho de alunos de quarto semestre com o de alunos de terceiro semestre, e não indicam nenhuma dificuldade especial dos alunos que fizeram o primeiro ano com o novo método em se adaptar ou acompanhar a disciplina de Física 3.

Dados gerais de Física 3 (toda a turma) de 2012 a 2017

Perfil das turmas

ano	IF-total	IF-D	IF-N	IAG	OUTROS	TOTAL
2012-2	96	93	63	57	3	156
2013-2	122	106	68	47	5	174
2014-2	102	88	84	62	8	172
2015-2	124	113	67	53	3	180
2016-1	120	123	65	67	1	188
2017-1	169	153	82	63	3	235



TURMAS DE FÍSICA 3 – 2017

detalhamento do perfil de alunos por ano de ingresso

DIURNO

Ingresso	alunos	% na turma
2017-1	11	7%
2016-1	63	41%
2015-2	3	2%
2015-1	32	21%
2014-1	17	11%
2013-1	12	8%
2012-1	5	3%
2011-1	6	4%
2010-1	3	2%
1999-1	1	1%
TOTAL	153	100%

NOTURNO

Ingresso	alunos	% na turma
2017-1	2	2%
2016-1	32	39%
2015-2	2	2%
2015-1	27	33%
2014-1	10	12%
2013-1	3	4%
2012-1	3	4%
2011-1	2	2%
2010-1	1	1%
TOTAL	82	100%

Comentários

- A análise com esse nível de detalhe só foi feita para a turma de 2017, pois implica olhar um a um os históricos escolares. A conclusão óbvia é que sem ela não há como avaliar o desempenho dos alunos que fizeram SCALE-UP no primeiro ano. Considerando apenas os alunos do D, ingressantes de 2016 (semestre ideal, SCALE-UP em Física 1 e 2) e aprovados em Física 2, o índice de aprovação foi de 80% (dos 63 alunos dessa turma, 6 não foram aprovados em Física 2).
- Todos os alunos dessas turmas com ingresso em 2017-1 são reingressantes. Dos 13, só 3 fizeram SCALE-UP, e os 3 foram aprovados em Física 3. Notamos também que, entre esses 13 alunos, há dois transferidos do IFSC, ambos aprovados em Física 1 e 2 e Cálculo 1 e 2 com médias da ordem de 7,0, que não foram aprovados em Física 3, assim como também não foi aprovado um aluno transferido da Engenharia Química da Poli (fez Física 1 e 2 na Poli, pelo método tradicional).
- Semestre ideal = alunos de 2016-1. Se olharmos APENAS para esses alunos no semestre ideal, **e que foram aprovados em Física 2**, separados por período e curso, temos:
 - IF-diurno: aprovados = 80% (fizeram SCALE-UP em Física 1 e 2); RN = 14% e RA = 6%
 - IF-noturno: aprovados = 71% (fizeram SCALE-UP em Física 1 e tradicional em Física 2); RN = 29%, RA = 0 (!?!)
 - IAG-D (em geral): aprovados = 47%; RN = 40% RA = 13%.