

MARCOS ANTONIO BARBOSA

**O INSUCESSO NO ENSINO E APRENDIZAGEM NA DISCIPLINA DE CÁLCULO
DIFERENCIAL E INTEGRAL.**

**MESTRADO EM EDUCAÇÃO
PUCPR**

**CURITIBA
2004.**

MARCOS ANTONIO BARBOSA

**O INSUCESSO NO ENSINO E APRENDIZAGEM NA DISCIPLINA DE CÁLCULO
DIFERENCIAL E INTEGRAL.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação no programa de pós-graduação em Educação – Mestrado da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Neuza Bertoni Pinto

**CURITIBA
2004.**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, que é minha força e luz; a minha mãe Nilda que em seu ventre me embalou ao compasso de seu coração, onde transmitia vibrações de carinho e amor; ao meu pai, Antonio, pelo esforço e incentivo em minha carreira, a minha esposa Carla, pelos momentos de paciência e compreensão e a minha filha, Marcela que é o estímulo deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, em especial minha irmã Marlene, pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos amigos pelo apoio que somente eles souberam dar e, sobretudo a preciosidade de cada amizade.

Aos professores Tâmia M. Yamamoto, Celso A. A. Kaestner, Peri Mesquida, Zélia M. Pavão, Marilda A. Behrens e todos aqueles que contribuíram no mestrado.

A minha orientadora Neuza Bertoni Pinto, amiga e mãe, que em muitos momentos me ajudou para não se perder no caminho e me carregou no colo.

As secretárias Simone e Solange, que sempre estiveram dispostas a me ajudar.

Minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I – INTRODUÇÃO	8
1.1. Problema de pesquisa.....	12
1.2. Delimitação do problema.....	13
1.3. Objetivos	13
1.4. Metodologia	14
 II – O CÁLCULO AO LONGO DA HISTÓRIA	 18
2.1. O cálculo na história da matemática	19
2.2. História da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.....	26
2.2.1 O Cálculo na história da disciplina no ensino brasileiro	30
2.3. A Questão da transposição Didática – Algumas questões educacionais	35
 III – A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE CÁLCULO	 44
3.1. Paradigmas Educacionais e Avaliação Escolar.....	46
3.2. Mudanças no processo de avaliação da aprendizagem.....	48
3.3. O Insucesso da avaliação de Cálculo Diferencial e Integral	50
 IV – APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	 54
4.1. O plano de curso de Cálculo Diferencial e Integral	55
4.2. A aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral na visão dos alunos	57
4.3. O insucesso dos alunos segundo os professores	70
4.3.1. Os motivos do insucesso do aluno segundo os professores.....	71
4.3.2. As aulas de Cálculo na opinião dos professores.....	73
4.3.3. A avaliação da disciplina de Cálculo segundo os professores	74
4.3.4. O apoio pedagógico aos alunos com dificuldades em Cálculo.....	75

4.3.5. Discussão dos dados	80
----------------------------------	----

CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
-----------------------------------	-----------

REFERÊNCIAS

ANEXOS

RESUMO

A presente pesquisa foi realizada junto aos alunos e professores dos cursos de Engenharia Mecatrônica, Engenharia da Computação, Engenharia Química e Ciência da Computação e tem como objetivo buscar indicadores para a compreensão do alto índice de reprovação na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral. A partir de uma abordagem qualitativa foram aplicados questionários aos alunos reprovados na disciplina, em 2001 e 2002, nos cursos já mencionados. O questionário teve como objetivo diagnosticar as dificuldades na aprendizagem de Cálculo, conhecer os métodos de estudo utilizados pelos alunos como também suas expectativas em relação à disciplina. Também foram realizadas entrevistas com quatro professores responsáveis pela disciplina nos cursos investigados, buscando identificar fatores relevantes de suas concepções e práticas pedagógicas para o desempenho escolar do aluno. Também foi usada a técnica da análise documental para conhecer a proposta de ensino da disciplina, utilizada pelos professores. A análise e discussão dos dados apontam para a predominância de práticas de estudos e de ensino tradicionais para a aprendizagem de Cálculo Diferencial Integral. Os dados revelaram que o sistema didático na qual a disciplina está ancorada é um fator determinante para o insucesso do aluno na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, não o único, mas um fator relevante a ser considerado para a obtenção do êxito escolar.

Palavras-chave: Avaliação; Ensino-Aprendizagem; Cálculo Diferencial e Integral.

ABSTRACT

This paper was performed with the students and professors of the Mechatronics Computation Chemistry Engineerings and the Science of Computation and aims at searching for indicators towards the comprehension of the high index of disapproval in the subject of Differential Integral Calculus. Stemming from the qualitative approach, questionnaires were given to the those students who did not pass the above mentioned subjects in 2001 and 2002. The questionnaire had a sole objective, the diagnosis of learning difficulties in Calculus, to get to know the methods that were utilized by the students as well as their expectations related to the subject. Also, interviews were carried out with four professors that were responsible for the investigated courses seeking to identify the relevant factors of their conceptions and teaching practices viewing at the student's academic development. Furthermore, the technique of documental analysis the debate was used in order to discover the teaching proposition of the above mentioned subject by those professors. The preliminary analysis of the data points out to the relevance of the traditional teaching and study towards the learning of Integral Differential Calculus. The data shows that the teaching method on which the subject is based is a determining factor in the student's failure in differential and integral calculus. Not the only factor, but a relevant one, and one which should be considered in relation to academic success.

Keywords: Valuation; Learning-Teaching; Differential Integral Calculus.

INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, o ensino de Cálculo Diferencial e Integral, presente em vários cursos de nível superior, é considerado um dos conhecimentos básicos de diversas profissões que se enquadram nos Cursos de Ciências Exatas, “devido à grande aplicabilidade, desempenhando papel importante como linguagem na representação dos fenômenos e como instrumento para a resolução de problemas” (CATAPANI, 2001, p.102). Essa disciplina tem sido responsável por um grande número de reprovações e evasões de estudantes universitários nas faculdades e universidades de todo o país, como veremos mais adiante. As reclamações dos alunos ou dos professores de diversas áreas afins confirmam tal quadro.

Quando interrogados, alunos afirmam que a disciplina tem alto grau de abstração, pois, muitas vezes, o conceito de temas como: limites, continuidade, integral, diferencial, entre outros, não ficam claros ou não são perceptíveis através de teoremas ou axiomas. A dificuldade é tanta, que se chega a pensar ou que o professor não sabe transmitir o conhecimento de uma forma mais didática, ou, ainda que não há clareza quanto à aplicabilidade de tal disciplina na vida prática. Os professores, por sua vez, quando abordados a respeito dessa discussão, justificam o baixo rendimento, na falta de motivação, nas dificuldades de raciocínio e nos hábitos de estudos dos alunos que não contribuem para o desenvolvimento de sua autonomia para estudar ou na precária formação básica anterior.

Tais argumentações estão presentes na PUCPR, onde um dos maiores problemas encontrados nos cursos de engenharias foi o alto índice de repetência na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. Esse é um fato comprovado pelos dados

quantitativos que a Divisão de Admissão e Controle Acadêmico – DACA - levanta através do Núcleo de Estatística e Pesquisa Institucional (Anexos). Em 2001, no curso de Engenharia da Computação, as turmas de 1º período (cursos semestrais), apresentaram porcentagens de reprovação superior a 30%, do total de alunos matriculados e que freqüentavam o curso.

Em Engenharia Química, também no mesmo período, dos 10 alunos matriculados que freqüentavam o curso, 5 reprovaram, totalizando exatamente 50%. Na Engenharia Mecatrônica os índices superaram 40%, valores também configurados nas turmas de 1º período de Ciência da Computação. Em 2002, os índices, em muitos cursos, atingiram a reprovações de 50%, ou seja, dentro das turmas de Engenharias, dos alunos matriculados, que cursavam a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, a metade reprovava.

A preocupação, por parte de alguns professores de Matemática, das mais diversas universidades brasileiras e dos cursos de Exatas, Biológicas e Humanas (BALDINO, 1995; FRANCHI, 1993 e 1995; CATAPANI, 2001) a respeito do processo de ensino da disciplina de cálculo, não é recente. Segundo Souza Junior (2000), tal preocupação levou um grupo de professores de uma instituição superior (Universidade de Campinas) a estudar os saberes no ensino e aprendizagem de Cálculo, direcionando-os para o uso de tecnologias. Posteriormente, esse estudo transformou-se em tese de doutorado¹.

O próprio Souza Junior, já citado, revela que, na PUCRS, um grupo formado por professores e alunos está desenvolvendo experiências no ensino superior com auxílio de recursos computacionais para minimizar as dificuldades no ensino do

Cálculo. Aliás, em todo o país, o computador está sendo explorado para o ensino de Cálculo².

O uso de tecnologias no ensino superior, como o computador e os softwares matemáticos, adotados a partir da década de 80, trouxeram crescimento na melhoria do ensino de modo geral, porém, essas melhorias, “muitas vezes equivocadas, de que o uso de máquinas podem efetuar qualquer cálculo” (CURY, 2001), encobriram as dificuldades da aprendizagem. Também podemos observar que, em muitos cursos, os softwares estão presentes, reforçando a idéia de fazer os cálculos adequados sem a intervenção do aluno em análises mais apropriadas.

No entanto, no que se refere a respeito do ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I em outras áreas (cursos), isso não nem sempre se confirma, parecendo sempre estar em estado de acomodação, como se constata na literatura educacional e nas produções científicas referentes ao ensino de Cálculo nas Universidades.

De modo geral, o sistema educacional tem enfrentado dificuldades no que diz respeito ao ensino da matemática. No ensino superior, essa dificuldade fica mais evidente na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, se tomarmos como base os resultados das avaliações anteriormente citadas.

Os dados levantados sobre o índice de reprovação e desistência da disciplina de Cálculo, nos cursos de Engenharia da PUCPR apontam percentuais indesejáveis para um ensino de qualidade. Este fato impulsionou-nos a buscar elementos no contexto dos cursos, para compreender melhor os significados nas reprovações dos

¹ SOUZA JUNIOR, Arlindo J. **Trabalho Coletivo Na Universidade: Trajetória De Um Grupo No Processo De Ensinar E Aprender Cálculo Diferencial E Integral**. Campinas, Unicamp, 2000. Tese de Doutorado em Educação.

alunos, já que os professores que ministram a disciplina de Cálculo na PUCPR têm formação em matemática. Isto se afirma em Cury, que menciona:

Geralmente os docentes que lecionam disciplinas de matemáticas em cursos da área de ciências exatas são, de um modo em geral, bacharéis ou licenciados em Matemática, com pós-graduação em Matemática Pura ou Aplicada; alguns poucos têm mestrado ou doutorado em Educação ou Educação Matemática.(2001, p 31).

Como a autora destaca, nos cursos de Licenciatura em Matemática, parece não haver maiores preocupações em relação à formação do futuro professor de matemática, fato que atualmente é muito discutido na área educacional.

O Cálculo pelo cálculo, sem aplicação e contextualização, fica centrado em uma pedagogia rotineira, tradicional, em que muitos docentes estão acostumados. Desse modo, o Cálculo, segundo Cury (2001, p.31) é resultado dessa pedagogia que “tem sido a forma mais adequada de ensinar um conteúdo, pois os termos são definidos, os axiomas aceitos, os teoremas demonstrados, os exemplos e problemas reduzidos a um mínimo necessário, apenas para ilustrar o conceito”, ou um excesso de exercícios, justificando a idéia de aprendizado por exercitação e memorização.

Essa prática de ensinar matemática pode dificultar em muito a aprendizagem dos alunos. Por isso, o presente estudo considera fundamental compreender as conseqüências imediatas dessa dicotomia existente entre o ensino e a aprendizagem, cuja implicação recai sobre o insucesso dos alunos.

Porém, se os alunos estão reprovando ou apresentando dificuldade em aprender, então significa que várias hipóteses podem ser levantadas, tais como:

² Citamos o uso da tecnologia, ao nível de esclarecimento, porém lembramos que não é o objeto desta pesquisa levantar argumentações a respeito da mesma.

- resultado de uma metodologia inadequada, ou voltada para uma competência específica da disciplina, sem contextualização, não tendo sentido ou importância para o aluno;
- que o professor que ensina Cálculo Diferencial e Integral está preso às metodologias e práticas experienciadas no curso de formação geralmente centrados em paradigmas conservadores;
- que pode haver relação de interesse/desinteresse e facilidade/dificuldade dos alunos, em relação à disciplina, fatores que podem ser provenientes da relação professor/aluno ou também da relação que o professor e o aluno estabelecem com o conhecimento matemático.

Nessa perspectiva, considera-se relevante fazer uma investigação a respeito das possíveis relações implícitas na repetência da disciplina de Cálculo, nos Cursos de Engenharia.

1.1 Problema de Pesquisa

A preocupação maior desta pesquisa consiste, portanto, em buscar indicativos para compreensão dos possíveis obstáculos encontrados no ensino e na aprendizagem de Cálculo, tendo como ponto de partida os índices de reprovações na disciplina ofertada nos Cursos de Engenharias da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Já que muitos autores acentuam os problemas de uma disciplina que traz alto grau de abstração, com idéias complexas (CATAPANI, 2003 apud BALDINO, 1995; BARBOSA NETO, 1995, CABRAL, 1992), com número de aulas reduzidas e

trabalhadas em ritmo acelerado, tais fatores não estariam dificultando a aprendizagem dos alunos?

Muitas hipóteses partem também do campo pedagógico, como a maneira de transmitir, as aulas, que são passadas de modo conservador, fazendo com que muitos professores se prendam a práticas conservadoras (BEHRENS, 2002), em que os alunos não passam de meros espectadores, ouvindo e anotando sem muita participação na aula (CATAPANI, 2003).

Assim essa pesquisa se orienta a partir da questão considerada norteadora para o desenvolvimento do trabalho: **Que fatores são determinantes do insucesso na aprendizagem e os possíveis caminhos de superação para os alunos da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I?**

1.2 Delimitação do problema

A pesquisa se propõe a buscar evidências sobre o insucesso dos alunos que cursaram a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral em 2002/2003 que reprovaram, porém estão cursando novamente, devidamente matriculados nos Cursos de Engenharia de Alimentos, Engenharia Mecânica, Engenharia da Computação e Engenharia Química da PUCPR e cursando novamente a disciplina. O pesquisador tem encontrado cooperação e disponibilidade por parte da coordenação dos cursos de Matemática e Engenharias.

1.3 Objetivos

Buscar indicadores para compreensão do alto índice de reprovação na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, interpretando seus significados e fazer apontamentos dos possíveis caminhos de superação, analisando a proposta de ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, utilizada pelo professor. Investigar os métodos que os alunos utilizam para estudar a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para diagnosticar as dificuldades na aprendizagem da disciplina. Também iremos identificar e verificar, os fatores de insucesso nas concepções dos docentes sobre o ensino-aprendizagem do Cálculo, bem como, a avaliação se processa na aprendizagem nos cursos de engenharia e Indicar os possíveis caminhos de superação no insucesso da aprendizagem de Cálculo.

1.4 Metodologia

Definida a problemática central deste projeto, buscou-se, por meio de uma abordagem qualitativa, compreender os fatores geradores de repetência dos alunos na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.

A investigação qualitativa é uma metodologia de estudo da sociedade que se centra na questão de como as pessoas interpretam e dão sentido às suas experiências. Existem diferentes abordagens que se consideram no mesmo tipo de investigação, embora a grande maioria tenha como objetivo compreender os significados dados pelos sujeitos às suas ações.

A partir desta abordagem qualitativa torna-se possível evidenciar diversas interações a que estão submetidos o objeto de investigação, permitindo aprofundar as variáveis em estudo, explorando e trazendo uma variedade de possibilidades

para a interpretação dos fenômenos estudados. Aachamos, porém, ser possível a partir do que esta abordagem pode oferecer, aprofundar questões mais conceituais, valendo-se simultaneamente dos aspectos quantitativos dos dados.

Para BOGDAN & BIKLEN "a ênfase qualitativa no processo tem sido particularmente útil na investigação educacional (...) Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituído o investigador o instrumento principal (...) A investigação qualitativa é descritiva (...) Os investigadores qualitativos se interessam mais pelos processos que simplesmente pelos resultados ou produtos" (1994, p.49).

Assim, para caracterizar o presente estudo na abordagem qualitativa, foram considerados os seguintes itens:

- a) O objeto de estudo se concentra nas turmas de Engenharia da Computação, Engenharia Química, Ciência da Computação e Engenharia Mecatrônica, por apresentarem os maiores índices de repetência. Também porque esses cursos funcionam à tarde, disponibilizando assim uma leitura sem fatores influentes como trabalho.
- b) Os sujeitos da pesquisa foram escolhidos entre os alunos matriculados regularmente no período de 2001/2002/2003 nos cursos de Engenharias e que não obtiveram aprovação na referida disciplina. Esses cursos apresentam diferentes grades, sendo alguns cursos semestrais. Também serão sujeitos da pesquisa os professores que ministraram a disciplina de Cálculo no período em estudo.
- c) A pesquisa utilizou instrumental de entrevistas semi-estruturadas para buscar informações pertinentes à problemática anunciada. O número de

sujeitos entrevistados foi de 20 alunos, que reprovaram na disciplina e que estão cursando novamente na instituição. Cabe ressaltar que outros alunos que se encaixariam no percentual mostrado no anexo 1, não se encontram mais na universidade, pelo fato de deixarem a instituição ou por terem mudado de curso. Cabe mencionar que outros alunos deixaram para fazer a disciplina, em outro momento; os alunos selecionados aceitaram participar da pesquisa mediante a condição de seu anonimato e sem sofrer punições. A amostra ficou estabelecida por 5 alunos do curso de Engenharia Mecatronica, 6 alunos de Engenharia Química, 4 alunos de Ciência da Computação e 5 de Engenharia da Computação, de cada curso investigado, de acordo com o levantamento do Núcleo de Estatística e Pesquisa Institucional da PUCPR (Anexos 4).

d) O estudo utilizou, também, a técnica de análise documental para sistematizar dados fornecidos pelos documentos e materiais oficiais: Projeto Político Pedagógico, Grade Curriculares, Planos de Aula, Ementas, e Sistema de Avaliação.

e) Os dados levantados permitiram fazer uma descrição densa dos significados dos sujeitos e das situações analisadas, pois uma das características contempladas na pesquisa qualitativa é “a preocupação com os significados, com a maneira própria com que as pessoas vêem a si mesmas, as suas experiências e o mundo que as cercas” (ANDRÉ, 1995 p.29).

Desse modo, o presente estudo procurou fazer uma análise predominantemente qualitativa tendo em vista a compreensão do fenômeno investigado.

II O CÁLCULO AO LONGO DA HISTÓRIA

Ao procurarmos compreender o contexto da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, tomamos como ponto de partida a história da Matemática, na tentativa de identificar, ao longo de todas suas conquistas e descobertas, as marcas e os vínculos que deram origem a essa área de conhecimento matemático. Sendo assim, D' Ambrósio, afirma que:

Uma percepção da história da Matemática é essencial em qualquer discussão sobre a Matemática e o seu ensino. Ter uma idéia, embora imprecisa e incompleta, sobre o que e quando se resolveu levar o ensino da matemática à importância que hoje são elementos fundamentais para se fazer qualquer proposta de inovação em educação Matemática e educação geral. Isso é particularmente notado no que se refere a conteúdos. A maior parte dos programas, consiste de coisas acabadas, mortas e absolutamente fora do contexto moderno. Torna-se cada vez mais difícil motivar alunos para uma ciência cristalizada, Não é sem razão que a história vem aparecendo como um elemento motivador de grande importância (1998, p.29).

Essa justificativa também é encontrada em Miorin (1998, p. 24), quando afirma que “a origem do Cálculo Diferencial e Integral é decorrente de um panorama histórico”. Se percorrermos, na história, a gênese do cálculo como ciência e como disciplina, notaremos que sempre existiu uma dicotomia, ou seja, na história, o cálculo surge como parte de uma ciência viva, em construção, enquanto que na história, da disciplina o Cálculo Integral e Diferencial apresenta-se como um conhecimento acabado, geralmente transmitido de forma “linear”, sem problematização.

Na tentativa de analisar a relação entre as condutas que orientam essa pesquisa, emergem duas questões: Como entendemos os princípios epistemológicos do ensino do Cálculo Diferencial e Integral, enquanto disciplina escolar? Não seria justamente a falta de aprofundamento de tais conhecimentos por parte dos matemáticos e educadores matemáticos que decorrem muitos problemas

presentes na aprendizagem de Cálculo? Assim, tentar diferenciar o cálculo enquanto ciência e enquanto disciplina, torna-se imprescindível para a busca de compreensão do fenômeno investigado.

Porém, cabe ressaltar que existem diferentes tendências ou concepções históricas, em diversos livros e textos da atualidade, expressando uma diversidade de abordagens, em que cada versão pode revelar, de modo bem mais claro, as diferenças entre elas e os pontos de vista em comum, porém o objeto de pesquisa desse trabalho se restringe a abordá-los. Entretanto, esclarecemos que o contexto histórico narrado nesta pesquisa não fornece subsídios para uma discussão sobre tendência da história da Matemática.

Para CURY (1990), há falhas no planejamento da disciplina de cálculo, pois os métodos de ensino não estão sendo eficientes, haja vista, pela forma como os conteúdos são apresentados analiticamente, poderiam ser mais bem distribuídos, seguindo caminhos seguem uma certa ordem lógica à medida que surgem novas concepções ou teorias. Também percebemos que o ensino de Cálculo raramente envolve sua história; gerando, em contra-partida, varias interpretações, idéias, de forma imparcial e mal digeridas.

2.1 O cálculo na História da Matemática

Na história da matemática, o cálculo se apresenta em dois momentos: antes e depois das descobertas de Newton e Leibniz, entre o século XVII e XVIII. Algumas fontes afirmam que Issac Newton (1642-1727) e Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) teriam inventado o cálculo. Porém, antes da descoberta, por volta do século

XVII, já se tinha alguma noção do conhecimento das principais idéias do cálculo, que eram razoavelmente bem conhecidas pela comunidade matemática desde a época dos antigos gregos.

Maor (2003) em sua pesquisa histórica menciona que Arquimedes de Siracusa (cerca de 287-212 a.C.) já teria usado o conceito de limite para calcular áreas e volumes de várias formas planas e sólidas. Para ele foi “Arquimedes quem primeiro propôs um método capaz de fornecer o valor de π com qualquer precisão desejada através de um procedimento matemático. Um algoritmo, em lugar de uma medição” (pág 63).

A idéia de Arquimedes, segundo MAOR, era obter um círculo e nele inscrever uma série de polígonos regulares, com um número cada vez maior de lados. Pode-se observar essa idéia na figura 1.

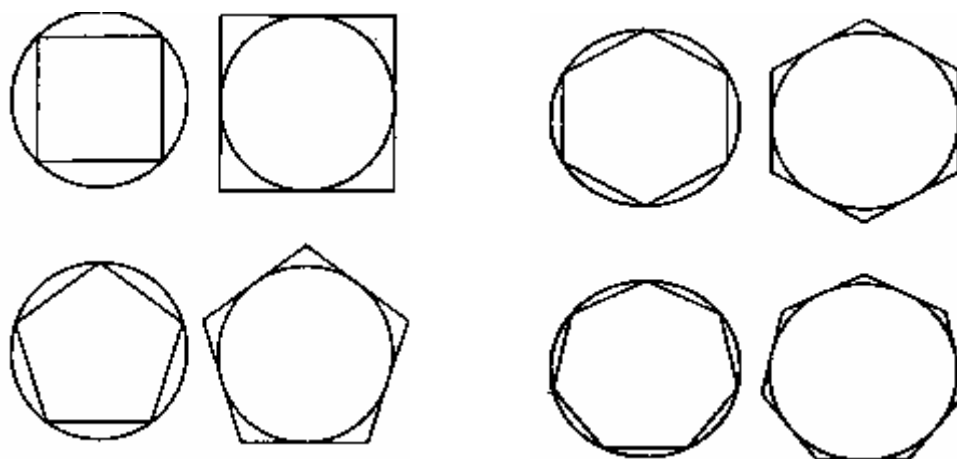


Figura 1.

Essa descoberta foi um marco na história da matemática, mas Arquimedes não se limitou a ela. A parábola – curva descrita por uma pedra lançada no ar – que está ligada a uma série de aplicações no nosso cotidiano como antenas, faróis de automóveis etc., despertara o interesse de Arquimedes, dizem (historiadores e Maor)

que ele teria incendiado vários barcos inimigos, principalmente romanos, utilizando grandes espelhos parabólicos, de modo que os raios do sol, fossem convergidos através do foco de cada parábola. Também estudou como encontrar a área de um setor parabólico. E foi essa descoberta que passou a ser chamada de método da exaustão.

Diga-se de passagem, que ele passou muito perto do nosso moderno Cálculo Integral (MAOR, 2003). Arquimedes, ou talvez os gregos, só não descobriram o cálculo, porque eles não aceitavam bem o conceito de infinito e porque não conheciam a linguagem da álgebra. Isso não quer dizer que os gregos não conhecessem a álgebra. Eles davam à álgebra uma conotação sempre geométrica. Por exemplo, um número era interpretado como sendo um segmento de reta; a soma de dois números como comprimento combinado de dois segmentos colocado um do lado do outro ao longo de uma linha reta.

O método dos indivisíveis, que era uma improvisação e que consistia em fatiar uma forma plana em faixas infinitamente estreitas, apesar de não apresentar um rigor matemático coerente, funcionava (MAOR, 2003). Por esse método, era possível demonstrar a relação entre a área de um círculo e a sua circunferência, considerando o círculo como a soma de um número infinito de triângulos estreitos, conforme figura 2.

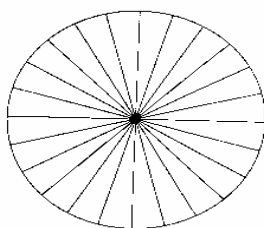


Figura 2: A área do círculo pode ser imaginada como a soma de um número infinito de pequenos triângulos, cada um com um vértice no centro e a base ao longo da circunferência.

Embora assentado em uma base incerta, tinha sido aplicado por Kleper para resolver problemas concretos como encontrar o volume de vários barris de vinho. Segundo Maor (2003), Kleper não estava satisfeito com o modo que os mercadores mediam o conteúdo dos barris de vinho,

Em seu livro, *Nova stereometria doliorum vinariorum* (Nova geometria sólida dos barris de vinho, 1615), Kleper aplicou o método dos indivisíveis para encontrar os volumes de numerosos sólidos de revolução (sólidos obtidos ao girar uma forma plana em torno de um eixo no plano da forma). Ele fez isso estendendo o método para três dimensões e considerando um sólido como uma coleção de muitas fatias infinitamente finas, ou Lâminas, e somando seus volumes individuais. Ao empregar essas idéias, ele chegou a um passo do moderno cálculo integral (2003, p. 79).

Assim, embora o método funcionasse em muitos casos particulares, não se aplicava em todas as situações. Também não deixava muita clareza a respeito do que era exatamente um “indivisível”, além de sempre depender de encontrar uma fórmula adequada para o somatório, pois não existia fórmula para o somatório dos inversos dos inteiros.

O método da Exaustão de Arquimedes, que era para resolver a quadratura da família de curvas do tipo $y = x^n$, também conhecido como “quadratura”, referia-se à maneira de expressar a área em termos de unidades que são quadrados. Para dar um exemplo simples, suponha que queiramos encontrar a área do retângulo de lado a e b . Se esse retângulo deve ter a mesma área de um quadrado de lado x , teremos $x^2 = ab$ ou $x = \sqrt{ab}$.

Os gregos, mesmo tendo estudado o problema da quadratura, de forma geométrica, esbarraram no problema dos infinitos passos, proposto pelo método da exaustão. Arquimedes, sem encontrar sucesso para todas as situações, esbarrou no problema da quadratura da hipérbole.

Segundo Guinness (1997), a idéia de cálculo caracterizava-se como um método geral para traçar e estudar curvas, procurando sempre demonstrar os conceitos da natureza. Para o autor, o modo de pensar e aplicar o cálculo se confirma quando menciona que, “Eram interpretações físicas, ocupadas em encontrar valores particulares de funções, como pontos de otimização ou pontos tangentes dados por condições de raiz duplas, ou procuravam avaliar algumas classes particulares de áreas e volumes” (1997, p. 70).

Embora esses métodos fossem bem sucedidos para alguns casos, ainda não estavam fundamentados em um sistema único de determinações de tais problemas, pois cada problema exigia uma abordagem diferente e o sucesso dependia da engenhosidade geométrica, habilidades com a álgebra e uma dose de boa sorte. O que se precisava era de um procedimento geral e sistemático – um conjunto de algoritmos - que permitiriam resolver esses problemas com facilidade e eficiência. Este procedimento foi fornecido por Newton e Leibniz.

Para Newton e Leibniz, o cálculo não se resumia somente aos tradicionais problemas geométricos, estudados pelos matemáticos Arquimedes, Kleper, Cavalieri entre outros. Os estudos de Aleksandrov, (apud GUINNES, 1997), mostraram que tanto Newton como Leibniz, reformularam o antigo conceito de cálculo, compreendido como método geométrico, estabelecendo a conexão dos problemas mecânicos com os geométricos.

Para Newton, os instrumentos do cálculo foram utilizados para responder problemas mais voltados a aplicações na mecânica, com um sentido (caráter) mais físico. A teoria dos fluxões, que chamamos de Cálculo, por exemplo, foi uma

descoberta significativa para responder algumas questões mencionadas anteriormente, como os problemas de curvas.

Cabe mencionar que a palavra cálculo derivada do latim, *calculus*, de raiz etimológica da palavra *calç* ou *calx*, que significa pedra calcária, que originam a palavra cálcio e giz, sempre teve a associação com pedras para contagem. Para se referir ao cálculo, Newton usava o termo fluente. Como sua visão de mundo era muito dinâmica, sempre em estado contínuo de movimento, ele entendia que a maioria das coisas ao nosso redor mudava com o tempo, como a velocidade de um automóvel em movimento; ou a leitura de um termômetro no decorrer do dia. Maor (2003 p.103), afirma que “a idéia da corrente elétrica fluindo em um circuito elétrico é um exemplo claro de fluente”.

O conceito de “Fluentes”, para Newton, representava a idéia com que as quantidades (matérias/corpo) se modificam num determinado tempo e que hoje em dia chamamos de variáveis, enquanto que “Fluxões” significava a “idéia de velocidade com que fluem”, que no cálculo moderno se chama de derivada. (BRITO & CARDOSO, 1997, p.137). Newton também desenvolveu algoritmos gerais para calcular máximos, mínimos, tangentes e curvaturas, além de perceber que a derivada era a propriedade inversa da integral. Para Newton o Universo podia ser compreendido como máquina regida pela lei de causa e efeito e composta de várias engrenagens que se encaixavam como a maquinaria de um relógio “(BRITO & CARDOSO, 1997, p. 136)”.

Pensando assim, Newton achava que tudo era regido por leis, leis naturais, pré-determinadas e imutáveis. O método utilizado consistia em decompor os fenômenos em partes, esmiuçando, criando assim facilidades para a compreensão.

Enquanto que Leibniz, por sua vez, fez uma interpretação para a totalidade orgânica (infinitésimos), sendo contrário a Newton, achando que o universo não era composto por partes mecânicas, portanto, mais filosófica (BRITO E CARDOSO, 1997; CURY, 1990; GUINNES, 1997), pois sua idéia era reduzir a lógica ao cálculo.

Foi Leibniz quem usou a notação de cálculo, por ser diferente a Newton no que se refere a ideologias, talvez por estar mais perto da filosofia, viu a questão, o cálculo, de modo abstrato. Ele entendia a diferencial (dx) como pequenos acréscimos, nos valores atribuídos às variáveis. Ele também contribuiu para a linguagem simbólica, de modo significante, do cálculo que temos hoje.

Porém, “nem Newton e nem Leibniz, deram fundamentação suficientemente consistente para o Cálculo” (BRITO&CARDOSO, 1997, p.136). Segundo os autores, eles chegaram a métodos gerais e notações adequadas, porém, persistiam os problemas dos fundamentos do cálculo.

Para nos situarmos podemos mencionar alguns argumentos feitos pelos matemáticos da época, que apresentaram algumas críticas.

Segundo Brito & Cardoso (1997, p.138), essas críticas surgiam do fato de o infinitésimo, por exemplo, ser considerado em alguns momentos nulo e em outros não. Isso levou,

Michel Rolle (1652-1719) abrir um debate em julho de 1700, ou seja, logo após as publicações dos trabalhos de Leibniz (1686) e Newton (1671), que perdurou por dois anos com Varignon (1654-1722). Foram debatidos dois aspectos problemáticos do Cálculo: um com relação aos conceitos e princípios fundamentais e outro referente ao fato do Cálculo conduzir erros. (1997, p138).

Elas complementam que na primeira abordagem discutia-se a falta de rigor no que se referia sobre o que era infinitamente pequeno ou grande, gerando assim dicotomia na interpretação, pois podia entender o infinitamente pequeno como

quase nulo e, às vezes, sendo o próprio nulo. O segundo aspecto é que para um caso específico de curvas, quando calculávamos os máximos ou os mínimos, eles conduziam resultados diferentes.

Outra Crítica foi feita por George Berkeley (1685-1753), comenta Brito & Cardoso (1997, p.138), que, em uma de suas obras, criticava “os matemáticos incrédulos, que rejeitavam a religião, mostrando que os métodos infinitesimais do Cálculo são tão obscuros quanto os mistérios da fé”. Entendia Berkeley que, durante os trinta anos passados, já se tinha consolidado como seguro os resultados alcançados e que a falta de rigor na fundamentação do cálculo era apenas uma compensação de erros.

Assim durante trinta anos passados, o cálculo sofreu grandes críticas de outros pensadores, levando vários matemáticos da época a iniciarem uma busca para melhorar sua fundamentação. Outro fator importante, surgido pela crítica, argumenta Brito e Cardoso (1997, p.138), foi: “a separação entre a pesquisa em Matemática e a pesquisa em Física e a necessidade do ensino de cálculo nas escolas Politécnica e Normal, criadas logo após a Revolução Francesa”.

Com esse objetivo, surgiram os trabalhos de Euler, dos Bernoulli (Nicolas e Daniel), com relação à estruturação da Análise, de D'Alembert e Robins, com relação à idéia de limite e de Lagrange, Laplace, Cauchy e outros com relação à formalização da Análise. Assim, o cálculo desenvolveu-se entre conflitos e descobertas em função das mudanças históricas.

2. 2 História da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral

Já como disciplina, é Félix Klein (1927), do século XIX, junto com Riemann, Gauss, Poncairé, entre outros, que muda a visão da matemática prática/teórica como ciência nos bancos escolares, quebrando a barreira da especialização e fornecendo elementos fundamentais ao ensino da matemática. Klein defendia que a ciência matemática não poderia ser separada da matemática pura ou aplicada. Deveria pertencer a todos os cursos de formação universitária, de maneira que ela ficasse mais próxima do desenvolvimento moderno (MIORIN,1999). O ensino da matemática deveria levar em consideração a psicologia adotada, do intuitivo para o abstrato, da introdução de novos conteúdos, como funções, cálculo infinitesimal, visando o raciocínio e uma formação mais específica.

A exploração do conceito de Cálculo Diferencial e Integral, desde as últimas décadas do século XIX, começou a se manifestar em diferentes países com a preocupação em modernizar o ensino da matemática desenvolvida nas escolas secundárias, especialmente por meio da introdução de novos conteúdos (especificamente a disciplina de cálculo). Essa preocupação se originou da percepção de que a matemática, ministrada nesse nível de ensino, estava em descompasso com as exigências impostas pelo novo contexto sócio-político-econômico. Com o desenvolvimento desta ciência, ocorrido nos últimos séculos e, com a forma que era trabalhada enquanto disciplina universitária, não tinha sentido ensinar matemática pela matemática. Klein sugere que os cursos deveriam contemplar as relações existentes entre as diferentes áreas da Matemática e entre a Matemática e as outras áreas do conhecimento (MIORIN, 1999).

As universidades só se preocupavam com o ensino da matemática superior. Com as mudanças que surgem, elas começam a pensar na formação do professor,

para suprir as necessidades de uma existencial descontinuidade entre o que se ensinava na universidade e na escola secundária. No entanto, os currículos não acabados geraram um certo descompasso entre o que se aprendia e o que se devia ensinar. Segundo MIORIN (1998, p.61), por esse motivo “alguns movimentos começaram a surgir, movimentos estes, que delegavam uma renovação do ensino da matemática nas escolas secundárias, que estavam centradas no ensino da geometria grega, álgebra elementar e o cálculo aritmético”, algumas vezes dentro das propostas mais amplas de mudança dos vários níveis educacionais, exigido, especialmente, pelo crescimento das indústrias, pelos avanços científicos e tecnológicos e pela ampliação da oferta de ensino.

Para a mesma autora, “movimentos como na França, iniciada em 1900, Inglaterra em 1882, pelo Finsbury Technicall College” (1998, p.62), idealizados por Jonh Perry, matemático e engenheiro que lecionava através de aulas práticas, que seriam aulas de laboratório e aulas teóricas, mudariam o ensino matemático. Para Perry, as aplicações práticas teriam “maior valor educativo que as questões puramente teóricas, que, segundo ele, não despertavam interesse nem formavam o sentido do real” (Toranzos, 1963, pg 30. trad de Miorin, 1998, p.62).

Essas mudanças motivaram vários debates, envolvendo estudiosos da época. As reformas não foram fáceis, devido à forte resistência, devido à disputa entre os matemáticos de linhas puras e aplicadas. Porém, essas mudanças ocorreram, com mais facilidade nas universidades, enquanto que no ensino secundário demoraram a acontecer. Com o I movimento internacional para a modernização do ensino da matemática, através do Congresso Internacional de Matemática, realizado em

Zurique, em 1897, tornaram-se públicos os problemas relacionados com o ensino da matemática, enfrentados por diversos países.

Diante desse quadro, inicia-se um movimento de renovação do ensino da matemática. Trata-se de um movimento que surge na Alemanha, por volta de 1890, conhecido como movimento de renovação do ensino da matemática. Diga-se de passagem, que este movimento era encabeçado pelo alemão Felix Klein.

Esse movimento de renovação, associado a outro mais amplo de aperfeiçoamento do ensino de nível médio em geral, culminou com a realização, em 1904, de uma reunião conjunta de matemáticos e professores de ciências físicas e naturais, cujo objetivo principal era a tentativa de conciliação dos “múltiplos interesses, até então considerados antagônicos dessas diversas disciplinas” (ROXO, 1937, p.48 apud MIORIN, 1998). A proposta de Klein representa, de uma certa forma, o rompimento entre a formação geral e a prática, entre o cultural e o artesanal, entre o desenvolvimento do raciocínio da atividade prática pelo mecanismo propriamente dito.

Apesar de todo o esforço realizado, tal proposta não foi adotada integralmente. Segundo Miorin (1998), Felix Klein acreditava que “para facilitar a renovação seria necessário prescindir de muito do que até hoje tem se constituído objeto de nosso ensino, que, embora possa, por si só, ser muito interessante, parece menos essencial no relacionamento com toda a cultura moderna” (KLEIN, 1927, apud MIORIN v.1 p.5-6). Essa observação, a respeito da importância do estudo de cálculo infinitesimal para os naturalistas e técnicos da época, parece bem significativa para um rompimento da formação clássica matemática.

Com a eclosão da primeira guerra mundial e o falecimento de Feliz Klein, em 1925, esses movimentos influenciaram as propostas do ensino da matemática daquele momento em diante. A introdução de conteúdos mais modernos, como funções e o cálculo diferencial e integral, estudados por Arquimedes, Kleper, Cavalieri e outros, em princípios do século XVII, especificamente devido à sua importância enquanto um movimento modernizador da matemática, conforme observa Miorin (1998), influenciou fortemente o ensino brasileiro.

2.2.1 O Cálculo na história da disciplina no ensino brasileiro.

Para Miorin (1998), a introdução dos modernos métodos de cálculo infinitesimal, criados por Newton, Leibniz e Lagrange, conhecido como nova matemática, forneceu os elementos básicos para o futuro desenvolvimento tanto da matemática pura quanto da aplicada. Tinha como centro o conceito de lei quantitativa, ou de função, valorizando o aspecto quantitativo, as ligações entre geometria, aritmética e álgebra, o conceito de movimento, a aplicação prática etc.

Na escola secundária brasileira, Miorin (1998) lembra que foi Euclides Roxo, sem dúvida, um dos idealizadores da modernização do ensino de matemática na escola brasileira. Ele concordava com a necessidade de se trabalhar a matemática de maneira mais intuitiva e experimental, sem preocupar-se com o formalismo, sendo apresentado de modo mais fácil, evitando assim os mecanismos de processos e cálculos desnecessários e excessivos.

Com a contemplação da Reforma Francisco Campos o ensino brasileiro, que durante 200 anos era dominado pela concepção clássico-humanista, da Companhia

de Jesus, passa a ser concebido por currículos separados, de frequência obrigatória, contendo dois ciclos, um fundamental e outro complementar, sendo estes, requisitos necessários para habilitar o ingresso ao ensino superior. O *Ratio atque Institutio Studiorum Societatis jesu*, segundo a autora,

Era chamado de código educacional máximo da Companhia de Jesus. Nessa proposta, na parte equivalente ao ensino médio – os *studia inferiora*-, defendia-se uma educação baseada apenas nas humanidades clássicas, cujas disciplinas eram a retórica, as humanidades e a gramática. As ciências e em particular as matemáticas eram reservadas apenas aos *studia superiora*. Entretanto, mesmo nesses estudos superiores, desenvolvidos no curso de filosofia e ciências, ou de artes, pouco estudavam as matemáticas (MIORIN, 1998 p.81).

Com a expulsão dos jesuítas do Brasil, em 1759, o sistema educacional brasileiro desmorona (MIORIN, 1999). A partir de 1772, as “aulas régias” – aulas avulsas ou de disciplina isolada, como eram conhecidas - criadas com a Reforma Pombalina, tentam preencher a lacuna deixada pelas escolas jesuítas.

Certamente, a introdução legal das aulas régias de matemática não era uma garantia de que elas seriam populares e nem mesmo de que seriam realmente efetivadas na prática. Essas informações mostraram que, até na primeira metade do século XIX, as aulas avulsas das disciplinas matemáticas existiram em número bastante reduzido e, além disso, eram pouco frequentadas (1999, p.83,84).

Mas em 1837, porém, o ministro e secretário de Estado da Justiça e interino do Império, Bernardo Pereira de Vasconcelos, inspirado na organização dos colégios franceses, criou a primeira escola secundária pública da cidade do Rio de Janeiro, o Colégio Dom Pedro II, em que tenta conciliar o ensino clássico e moderno trazido das diversas discussões européias. Com a República, e o primeiro-ministro Benjamim Constant, do recém criado Ministério da Instrução, Correios e Telégrafos, o ensino brasileiro passa por uma profunda reforma, conhecida como a Reforma

Benjamin Constant, oficializada pelo decreto nº 891, de 8 de novembro de 1890. A reforma, elaborada em cima da filosofia positivista, de Augusto Comte, representou uma ruptura com a tradição clássica humanista existente no ensino secundário.

A relação entre os conteúdos estudados e o seu ensino nas escolas seguem através dos moldes positivistas, sendo introduzido uma formação mais científica, no lugar de uma formação humanística. Em relação ao ensino da matemática - considerada a ciência fundamental dentro do positivismo – o currículo se torna mais enciclopédico, ganhando mais conteúdo, vindos da Matemática abstrata (pura) e da Matemática concreta (aplicada).

Dentro dessa hierarquia estabelecida por Comte, surgiu no 3ª ano, da escola secundária, “a introdução, a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (limitada ao conhecimento das teorias rigorosamente indispensáveis ao estudo da mecânica geral, propriamente dita)” (SILVA, 1959, p. 246, apud MIORIN, p. 88).

Para Silva (1993), foi à vinda da corte real, em 1807, que teve forte influência na criação do ensino de matemática no Brasil, pois afirma, que.

Com a chegada da comitiva real ao Brasil, em 23 de janeiro de 1808, os ingleses intensificaram as pressões políticas junto ao príncipe regente, e Dom João acabou por assinar a famosa Carta Régia de 28 de janeiro de 1808, abrindo os portos do Brasil às nações amigas³ (SILVA, 2003, p.31).

Desse modo, a atitude do príncipe, foi de uma grande importância, pois além de terminar com o monopólio de mercadorias da metrópole, estabeleceu a criação de escolas superiores no Brasil. (SILVA, 2003).

Isso se confirma nos trabalhos de Valente (1999), ao afirmar que as aulas de matemática brasileiras, cujas raízes vêm dos Cursos da Escola Militar e Naval

³ A esse respeito, Silva descreve de modo muito sucinto e objetivo na sua obra.

Portuguesa, propriamente oriunda das aulas de *Fortificações e Arquitetura Militar*, oferecida pela escola de Lisboa, e das aulas de “esferas”, consideradas as pontes para a entrada da matemática no ensino brasileiro. O próprio Silva, já citado, recorda ainda que devemos grande parte a Napoleão, pois foi “devido à invasão a Portugal e da cidade de Lisboa que o ensino superior e, conseqüentemente, o matemático, institucionalizou-se no Brasil” (2003, p.32).

A academia militar portuguesa preocupava-se em formar, para o exército do rei, os engenheiros militares, cartógrafos, matemáticos, oficiais topógrafos, geógrafos e das armas de engenharia, infantaria e cavalaria (VALENTE, 1999; SILVA, 2003). Esses formandos passariam por um curso de sete anos, dividido em duas partes, sendo a primeira feita nos quatro primeiros anos, abrangendo conhecimentos matemáticos e os três restantes de educação militar (SILVA, 2003). Por volta de 1810 a 1920, com fortes indícios de que foram introduzidos pela Academia Militar da Corte do Rio de Janeiro, fundada em 1810, que segundo VALENTE, “veio substituir a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho” (1999, p.112), porém seu funcionamento só ocorreu em 23 de abril de 1811, na Casa de Trem de Artilharia, situada na Ponta do Calabouço, no estado do Rio de Janeiro, tendo a primeira turma 72 alunos no primeiro ano (VALENTE apud TELLES, 1999). O mesmo autor afirma que,

A academia destinava-se ao ensino das ciências exatas e da engenharia em geral, no sentido mais amplo da sua época, formando não só oficiais de engenharia e de artilharia, como também geógrafos e topógrafos que pudessem trabalhar em minas, caminho, portos, canais, pontes, fontes e calçadas. Para essa formação, os alunos teriam um curso completo de ciências matemáticas e aprenderiam física, química, mineralogia, metalurgia e história natural, além do aprendizado das ciências militares. Os candidatos à Academia deveriam ter idade igual ou superior a 15 anos. (1999, p.113)

Porém, cabe ressaltar que foi a academia militar quem estabeleceu a separação da matemática elementar da matemática superior, fato este devido à organização dos primeiros programas de ensino da matemática. VALENTE (1999) enfatiza que tais programas estavam atrelados aos manuais de matemática de Alpoim, Bélidor e Bézout, militares pioneiros na produção e reprodução dos primeiros manuais – livros – nos cursos militares. O mesmo autor destaca a diferenciação das duas academias, Academia Real Militar e Academia Real dos Guardas-Marinha, criada posteriormente, sendo a primeira a se transformar em curso superior, ensinando Matemática não elementar, como a introdução do Cálculo Diferencial e Integral entre outras, enquanto a segunda vai se constituindo num curso de nível secundário.

O ensino da Matemática superior passa a ser ministrado, e a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral é acrescentada ao currículo, como se pode observar na tese de Doutorado de Silva (2003).

Silva (2003) menciona que a cadeira (disciplina) de Cálculo Diferencial e Integral, só aparece no segundo ano, sendo ministrada pelo professor Alvim, (1775-1856), engenheiro-matemático, português, graduado pela Academia Real dos Guardas-Marinhas de Lisboa. Aliás, cabe ressaltar que os professores da Academia Real formam a primeira geração de engenheiros-matemáticos formados em instituições portuguesas, cujo forte não era a pesquisa matemática voltada ao ensino. Mais tarde, em virtude das mudanças sociais, políticas e econômicas que estavam ocorrendo no país, as elites mobilizam-se para a urgência de formar engenheiros civis, pressionando o imperador, em 9 de março de 1842, na forma de

Decreto Imperial, a fazer mudanças no estatuto da Escola Militar, ampliando, para o sétimo ano de curso, as disciplinas de Engenharia Civil e Matemática.

A partir de 1850, (SILVA, 2003) com a modernização e o crescimento da economia brasileira, através das construções de estradas de ferro, portos, estradas etc, surge a necessidade da criação de um curso próprio, separado do ensino militar, Diante disso, através de decreto imperial nº 1536, é criado o curso de Engenharia Civil. Assim também, diante da necessidade, são criados outros cursos, como lembra Silva:

talvez este tenha sido o primeiro passo para a criação de uma instituição de educação civil separada de uma instituição militar. Neste decreto ficou mantido o curso de Matemático, que ministrava cadeiras de Aritmética, Álgebra Elementar, Geometria e Trigonometria Plana e Desenho, no primeiro ano; no segundo ano: Álgebra Linear, Geometria Analítica, Cálculo Infinitesimal e Desenho; terceiro ano: Mecânica Racional, Aplicada às Máquinas, Física Experimental e Desenho e no último ano: trigonometria Esférica, Astronômica e Geodésia (, 1999, p.35).

Como se pode observar, a origem da disciplina de Cálculo, cujas raízes históricas partem do campo empírico para explicar fenômenos físicos e geométricos, onde sua aplicação foi de grande importância, sendo mais tarde a base dos cursos de engenharias. Entretanto seu ensino técnico vai se estabelecendo aos poucos, para uma cultura mais geral da escolar, como é possível perceber no modo de como ela passa a ser trabalhada nas escolas.

2.3 A questão da transposição didática - Algumas questões educacionais

No que se refere à educação matemática, a preocupação vigente é constante, a educação se encontra atualmente como meio de viabilizar o desenvolvimento humano, capaz de enfrentar as variáveis da exclusão e a opressão. Preocupado

com estas variáveis, o movimento da Educação Matemática se torna um aliado do campo educacional, buscando alternativas que melhorem, principalmente, o ensino da matemática.

É o caso da Didática da Matemática que tem como principal objetivo, a elaboração de conceitos e teorias que sejam coerentes com uma tendência educacional do saber matemático, procurando criar vínculos com uma organização de procedimentos operacionais e novas abordagens de ensino como resolução de problemas, modelagem matemática, etnomatemática, história da matemática, entre outras, para tornar o ensino matemático mais significativo.

Assim, a matemática, enquanto ciência, vai se distinguindo da educação matemática, criando novos campos de prática social: a matemática enquanto disciplina voltada para a educação e a matemática pura, aplicada, voltada às ciências. Na educação, um grande desafio do ensino de Matemática é fazer da transposição didática, elemento fundamental para a didática dessa disciplina.

Não cabe a esta pesquisa descrever a teoria da transposição didática, mas tecer algumas idéias principais e primordiais para sua importância. Essa é uma questão pedagógica fundamental para o ensino e a aprendizagem da Matemática e também para o ensino e a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral.

Um dos objetivos da transposição didática (ASTOLFI,1999) é estudar as condições que favorecem a situação de aprendizagem, através da compreensão de conceitos matemáticos, determinados pelas adaptações, regulações, estratégias utilizadas pelo aluno ou professor para avançar na construção cognitiva. Como fator responsável pela passagem do conhecimento matemático científico para o conhecimento matemático dos conteúdos escolares, Pais (1996, p16) observa que

“o conjunto desses conteúdos, que também pode ser chamado de saber escolar, tem como fonte original o saber científico”. Chevallard (1991), pioneiro no conceito de transposição didática, afirma que:

Um conteúdo do conhecimento, tendo sido designado como saber a ensinar sofre então um conjunto de transformações adaptativas que vão torna-lo apto a tomar lugar entre os “objetos de ensino”. O trabalho que, de um objeto de saber a ensinar faz um objeto de ensino, é chamado de transposição didática” (Chevallard apud Pais, p.39).

Oriunda da didática francesa, a idéia de transposição didática ou transposição dos saberes surge do conceito em didática das matemáticas de Y. Chevallard e M. A. Johsua, por representar o processo de transformação em que o saber científico ou específico sofre quando passa a ser um saber escolar. Ou seja, o conjunto de criações didáticas que favorecem a aprendizagem de um saber científico para um saber ensinado, além de criar situações de transformações a transposição acrescenta outras noções que são necessárias à aprendizagem e não são ensinadas. Para Astolfi:

um elemento do saber sábio como objeto do ensino modifica-lhe muito fortemente a natureza, na medida em que se encontram deslocadas as questões que ele permite resolver, bem como a rede relacional que mantém os outros conceitos. Existe assim uma “epistemologia escolar” que pode ser distinguida da epistemologia em vigor nos saberes de referência (1999, p.48).

Essa epistemologia escolar se direciona, no nosso ponto de vista, que, na construção do conhecimento, a análise e a seleção determinam um julgamento de valor, adequando a uma melhor compreensão do saber.

Porém o autor chama a atenção para o cuidado a se tomar com a despersonalização dos conceitos - quando se tornam objetos de ensino ou com a dogmatização de “verdades de natureza”, determinadas por posições

epistemológicas dominantes do empirismo espontâneo dos sábios - ocorrido pelo processo de transposição das publicações originais.

Pais (1999) diferencia saber de conhecimento. Para ele, o saber, seja no plano geral seja no individualizado, admite uma série de elementos, conceitos e significados, que são complexos, enquanto fenômeno da aprendizagem no contexto escolar, sem abandonar as raízes epistemológicas que o fundamenta, enquanto que o conhecimento é estruturado por um saber codificado, com linguagem própria.

Astolfi (1999, p.50) confirma que “a escola nunca ensinou saberes ‘puramente científicos’, mas sim conteúdos de ensino que resultam de cruzamentos complexos entre uma lógica conceitual, um projeto de formação e exigências didáticas”. Talvez seja por isso que, geralmente, os saberes do aluno se relacionam de modo conflitante com o saber escolar.

Podemos observar que a transposição didática faz uma reflexão dialética que contribui para permitir a passagem do saber cotidiano ao conhecimento acadêmico. As transformações ocorridas por essa passagem geram na escola, através do currículo, um novo conceito científico que se integra numa nova economia do saber (ASTOLFI, 1999), gerando assim, outra questão no tratamento do “saber escolar“, que representa o conjunto de conteúdos, as estruturas curriculares, até mesmo o plano de curso, que permite uma forma diferenciada de entender os conceitos matemáticos estudados na educação escolar, os quais não deveriam ser concebidos tal como são formalizados no território do saber científico.

Embora o autor, em poucas palavras, soube descrever que “... hoje, os saberes escolares parecem bem pouco escolares para muitos alunos e, até mesmo, algumas vezes, francamente estranhos”.(Astolfi apud Perrenoud,1996 p.17). Isso se

afirma no modelo de educação tradicional do ensino da matemática, que valoriza, em excesso, a função de memorização e o rigor de regras, fórmulas, teoremas, demonstrações, situados no campo de abstração, que o aluno não está acostumado, gerando um certo tipo de contaminação científica tanto na aprendizagem do aluno como na prática pedagógica do professor. Por isso, Silva argumenta que:

a natureza do conhecimento matemático acaba influenciando nas concepções pessoais do professor quanto à sua visão educacional. Por exemplo, Por ter a matemática um caráter de rigor intrínseco à sua natureza, o professor de matemática normalmente é rigoroso em suas relações pedagógicas (1998, p.40).

Ressaltamos que, nas escolas, o saber passa a ser concebido por uma sucessão de adaptações realizada frente a novas situações, levando o aluno a adaptar essa sua vivência cotidiana. Mas isso nem sempre ocorre, pois, como lembra Vergnaud (1996), o aluno está fortemente ligado a conceitos cotidianos ao resolver situações de problemas concretos, reais.

Assim, o processo do conhecimento é um conjunto de procedimentos lógicos desenvolvido pelo aprendiz, para suprir suas necessidades e incorporar novos conhecimentos. Ambos, saber escolar e saber científico devem priorizar conceitos comuns, nessa busca de integração. Para a educação, a fragmentação desses saberes acarretaria isolamento da ciência ou visão empírica do conhecimento apenas centrada na matemática do cotidiano.

O saber, muitas vezes, caracteriza-se num sentido científico descontextualizado, cultural e histórico (PAIS, 2001), enquanto que o conhecimento tem um caráter mais experimental, individualizado e subjetivo. Também Brousseau (1988), Conne (1996), pesquisados por Pais, certificam estes levantamentos, quando validam que, de fato, há uma distinção entre saber e conhecimento.

Como exemplo, podemos ilustrar os conteúdos que constituem os programas escolares. Esses conteúdos, que devem ser entendidos como saber escolar, cujas origens estão no campo do saber científico, se expressam nos livros e nos programas escolares. Mas as situações didáticas, ou vêm das experiências do professor oriundas dos movimentos de mudanças do ensino da matemática, ou vêm de propostas pedagógicas ou das novas técnicas de ensino, que são frutos das abordagens educacionais emergentes, através de processos de aprendizagens.

Podemos exemplificar, alguns equívocos de transposição didática: a questão dos diagramas de VENN, citado por Pais (1999), que é uma criação didática, para facilitar o ensino de função (conhecimento), acabou sendo incorporado como conteúdo matemático para ser ensinado por si só (saber); o caso de produtos notáveis, quando na ausência de interconexões com outro conteúdo, acaba sendo ensinado como objeto de ensino; outro exemplo, de Chevallard (1982), é o conceito de distância entre dois pontos, que desde Euclides foi estudada de modo intuitivo, “mas que em 1971, esta noção passou a fazer parte do currículo francês de ensino” (Pais, 1999 p.18). O mesmo aconteceu do ponto de vista da transposição didática no Cálculo, que, oriundo do campo específico da ciência matemática, passou a ser um saber a ser ensinado. É claro que nesse contexto, não estamos menosprezando a importância do cálculo, mas percebemos que houve, de fato, transformações no que se refere à entrada nos currículos escolares.

Tal fato verifica-se na aplicabilidade do Cálculo, em muitas áreas do conhecimento educacional, está contido nos programas de ensino, devido sua utilidade para modelar fenômenos. Para aprendê-lo, Catapani & Cabral (2003) menciona que se exige esforço e dedicação dos alunos que, em geral, apresentam

dificuldades para compreendê-los. Porém, percebe-se em pesquisas realizadas por diversos autores, que o Cálculo Diferencial Integral também passou a ser ensinado por si só, sendo incorporado como conteúdo específico, dele próprio.

Para Guinnes (1981), no que se refere ao ensino de Cálculo Diferencial Integral, a hegemonia de alguns conteúdos levou a uma desnecessária esquizofrenia educacional, em que o seu ensino é considerado uma base para os cursos de cálculo aplicado. Talvez isso seja justificado pelo fato da disciplina de Cálculo Diferencial integral se concentrar nas séries iniciais dos cursos de Ciências Exatas.

A contextualização do saber é uma ferramenta indispensável para a questão da transposição didática, pois implica recorrer a contextos que tenham significado para o aluno, envolvendo-o não só intelectualmente, mas também afetivamente, sendo assim uma estratégia fundamental para a construção de significados.

Sabemos que a falta de sentido da aprendizagem de Cálculo Diferencial Integral origina-se, em parte, das dificuldades decorrentes dessa transposição. O aluno só compreende os vínculos do conteúdo estudado quando fica compreensível para ele essa passagem. Por isso, contextualizar no ensino de Cálculo, vincularia os conhecimentos aos lugares onde foram criados e onde são aplicados, isto é, incorporar vivências concretas ao que se vai se aprender e incorporando o aprendizado a novas vivências.

No caso do Cálculo Diferencial Integral no curso de Engenharia Química, seu ensino se torna mais claro quando o aluno enxerga sua aplicação, por exemplo, no caso de dois reagentes químicos, quando os alunos estão estudando os níveis de salubridade de uma determinada substância. Outro exemplo pode ser verificado no

curso de Engenharia Mecatrônica, quando o aluno é desafiado a medir um volume de um determinado corpo, ou a estudar os Mínimos e Máximos de tolerância de um determinado componente eletrônico, quando por ele passa corrente elétrica.

Essa prática contextualizada exige do aluno uma associação de vários conteúdos estudados em outras disciplinas, bem como práticas vivenciadas. Por outro lado, o professor, enquanto articulador, mediador e aprendiz, amplia seus conhecimentos, gerando assim uma prática cotidiana mais significativa para o ensino do Cálculo Diferencial e Integral. Para Perrenoud, (2000) reconstruir e negociar os objetivos, os conteúdos e a avaliação são a ponte mais próxima para a certificação de conhecimento (competências), bem como construir e diversificar situações de aprendizagem de modo a preparar o exercício de transferência do saber escolar para o saber prático, usual.

Assim, a transposição didática passa a ser o agente transformador pela qual passam saberes da cultura, do conhecimento, das práticas, dos valores, etc, para que possam ser ensinados e aprendidos.

A decisão sobre o que e como vai ensinar, selecionar o que vai ser ensinado, definir quais recortes serão feitos, quais aspectos serão enfocados, que saberes relacionados, cria uma gama de possibilidades cognitivas nos alunos e se desenvolvem vários tipos de competências.

Baseada no relatório de Delors (1999), a educação do século XXI, está fundamentada em quatro grandes necessidades de aprendizagem para a humanidade dos próximos milênios: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser. Nessa visão, não cabe o acúmulo de informação, pois a aprendizagem passa a ser um repertório de saberes codificados,

com instrumentos próprios e úteis para a construção e transformação do conhecimento. Para o ensino do Cálculo Diferencial e Integral não basta saber calcular ou conhecer onde deve ser aplicado, mas sim aplicá-lo, preparando o aluno para uma nova cultura de trabalho que exija dele tomada de decisão, que articulem novas relações com o conhecimento aprendido e novas capacidades. O saber fazer passa a ser um forte componente dessa prática aplicada, desenvolvendo todo o potencial que o conhecimento do cálculo oportuniza para uma formação mais completa e mais competente.

III A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE CÁLCULO.

Como qualquer outra atividade desenvolvida pelo homem, também o processo educacional na escola necessita ser avaliado, mesmo porque a avaliação é parte inerente de toda atividade humana. Nos últimos anos, deparamos com muitas abordagens diferentes de avaliação, decorrentes das novas abordagens educacionais. Educadores, especialistas e pesquisadores, com formação em diversas áreas, voltam sua atenção para o processo de avaliação da aprendizagem, buscando compreender seus significados da avaliação na ação educativa.

O cotidiano escolar é perpassado por inúmeras concepções de avaliação: como instrumento de verificação dos objetivos propostos em um programa escolar ou enquanto diagnóstico do processo de aprendizagem. As diferentes visões de avaliação decorrem das diferentes abordagens teóricas de educação, presentes nas práticas escolares.

Reafirmamos novamente que o conceito de avaliação está intimamente ligado a uma determinada teoria de educação. Para Romão (2001), embora haja muitas concepções, elas apresentam apenas pequenas variações formais.

Para Haydt (1988, p.10), a avaliação, em geral, está voltada para as técnicas de provas ou similares, como modelo classificatório. Nesse modelo, "avaliar é julgar ou fazer a apreciação de alguém ou alguma coisa, tendo como base uma escala de valores [ou] interpretar dados quantitativos e qualitativos para obter um parecer ou julgamento de valor, tendo por base padrões ou critérios".

Na obra, *Avaliação Desmistificada* (HADJI,2001), percebemos a preocupação que o autor tem em salientar que a aprendizagem deve ser "assistida por avaliação", expressão que ele usa para afirmar que, a avaliação deve ser:

Capaz de compreender tanto a situação do aluno quanto de "medir" seu desempenho; capaz de fornecer-lhes indicações esclarecedoras, mais do que oprimi-lo com recriminações; capaz de preparar a operacionalização das ferramentas do êxito, mais do que se resignar a ser apenas um termômetro (até mesmo um instrumento) do fracasso (2001 p.9).

Porém, segundo Souza (1993, 143), "verificar se os objetivos estão, ou não, sendo atingidos, descrevendo como, por quê e de que tipos são as dificuldades e facilidades do aluno não encerra, no entanto, a função avaliativa".

Percebe-se que a avaliação é um "fenômeno" indefinido, com diferentes significados para professores e alunos. Dar nota, fazer prova, aplicar trabalho é avaliar? E se esses são instrumentos no processo avaliativo, onde fica possível medir ou analisar o desempenho, nestes instrumentos, ou definir padrões para o julgamento dos resultados, já que os alunos indicam modos singulares de procedimentos e estratégias para aprender? (WACHOWICZ & ROMANOWSKI, 2003).

Para Luckesi (1995, p.9) a avaliação é "um juízo de qualidade sobre dados relevantes para uma tomada de decisão".

Um problema percebido é que, muitas vezes, a ação de ensinar e de avaliar são consideradas ações diferenciadas, distintas e não relacionadas. Há uma dicotomia entre o ato de avaliar e de educar.

Fica evidente que a prática avaliativa do professor está intimamente ligada com seu histórico de vida. Assim, salienta Hoffmann (1994, P.13) "... que a prática

avaliativa do professor reproduz e (assim) revela fortemente suas vivências como estudante e como educador”.

Nesse sentido, torna-se fundamental quando se aborda a questão da avaliação, conhecer os modelos educacionais, a aquisição das abordagens avaliativas ao longo de um percurso histórico dos saberes constituídos, através das práticas pedagógicas de anos de experiências do avaliador.

Creio que é possível afirmar que, a avaliação é um mecanismo utilizado para dar um “feedback” sobre aquilo que alguém conquistou ao fim de um processo no qual interagem a prática e a teoria, a teoria e a prática.

3. 1 Paradigmas Educacionais e Avaliação Escolar

Pensar em avaliação escolar implica refletir sobre como ela foi construída, ao longo da história, a partir dos diferentes paradigmas educacionais, para uma possível compreensão das práticas avaliativas adotadas pelas escolas e das implicações, decorrentes dos valores e saberes implícitos nesses modelos.

Neste estudo não trataremos de relatar a história da avaliação, apenas serão buscadas as implicações dos modelos de ensino para as diferentes práticas avaliativas utilizadas pela escola e suas conseqüências para o sucesso/insucesso escolar do aluno.

No paradigma tradicional, a escola era o centro de excelência onde se realizava a educação, porém, apresentava-se como um ambiente austero, conservador e cerimonioso, cujo objetivo principal era a formação moral e intelectual dos alunos (BEHRENS, 2000). A avaliação nessa abordagem, destacava-se de

modo geral por respostas prontas e únicas, ressaltando com exatidão a reprodução do conteúdo. Para Behrens, a avaliação no paradigma tradicional: “de maneira geral, única e bimestral, contempla questões que envolvem memorização,...” (2000, p.46). Ainda hoje é possível percebê-la nas práticas avaliativas da matemática.

No paradigma Escolanovista, a visão era adequar as necessidades individuais ao meio social, com a reforma antiautoritária, que propõe o aluno como o centro do processo pedagógico, parte do princípio de que o homem se forma pela ação sobre o meio e pela influência do meio sobre ele. Ao defender o direito à liberdade individual, parte de pressupostos de que a “educação” só se manifesta através de motivações e interesses individuais. Desse modo, Behrens afirma:

A abordagem escolanovista propõe o ensino centrado no homem, levando em consideração os interesses dos alunos e provocando experiências de aprendizagem. O foco da prática educativa passou a ser a criança. A formação de atitudes exige um clima favorável para estabelecer uma mudança dentro do indivíduo. Com uma forte influência da psicologia e da biologia, a Escola Nova buscava o autodesenvolvimento e a realização pessoal do aluno (2000, p.48).

Nesse paradigma, a avaliação é centrada na auto-avaliação e tem como foco principal a despadronização dos produtos, pois, como observa Mizukami (1986, p.56), o “aluno, conseqüentemente, deverá assumir responsabilidades pelas formas de controle de sua aprendizagem, definir e aplicar os critérios para avaliar até onde estão sendo atingidos os objetivos que se pretende”.

Já o paradigma tecnicista tem suas origens na concepção positivista, em meados do séc. XIX, preconizado por Augusto Comte, defendia os ideais do lema: “o amor por princípio, à ordem por base e o progresso por fim” (nota de aula), deixando evidente o valor da ciência. Não podemos deixar de lado a influência que Taylor, com seu método científico de racionalização e Skinner, com a psicologia do comportamento, tiveram na concepção tecnicista.

O tecnicismo se expressa nas práticas pedagógicas que priorizam a reprodução e a repetição dos conteúdos escolares, de valores e normas sociais compreendidos como “verdades absolutas e padronizadas”. Desse modo, os conteúdos da educação, as pautas de conduta, os métodos de ensino, os hábitos, normas e ideais a serem incutidos nos alunos, determinavam uma avaliação de acertos e erros que conduziam a prêmios e castigos, em que a educação é percebida como subordinada à *essência humana*. Essa abordagem apóia-se em duas vertentes: a religiosa, cujas raízes estão impregnada na Idade Média e a vertente leiga, centrada na idéia de natureza humana, elaborada pelos pensadores modernos, esta última inspirando a construção dos “sistemas públicos de ensino”, com características de obrigatoriedade, gratuidade e laicidade (BARCHA FILHO, 2003, p.44).

A avaliação, nessa abordagem, decorre de um sistema de instrução, no qual o aluno deve ser o produto. Ela funciona como pré e pós-requisitos de regulação. Também não podemos esquecer sua ênfase na memorização e retenção de informações e na grande escala de repetições, fazendo com que a universidade passe a se caracterizar por oferecer uma formação utilitarista, técnica e científica.

3. 2 Mudanças no processo de avaliação da aprendizagem

Atualmente, uma nova concepção de avaliação é discutida e começa a ser aplicada nas escolas, na busca de melhores resultados para os processos de construção do conhecimento, embora saibamos que as dificuldades são enormes, pois o processo a ser avaliado não é outro se não o de todos aqueles que participam

do processo ensino-aprendizagem, ou seja, professor e aluno. Trata-se de uma avaliação que deve ser contínua, objetiva, formativa no sentido de abranger os diversos domínios da aprendizagem, criando uma relação dialógica entre a análise do professor e o julgamento do aluno. Muitos professores buscam codificar os julgamentos da avaliação em parâmetros de atingido, não atingido e em desenvolvimento, como se fosse possível condicionar um julgamento (medida).

A avaliação somativa, emergente da abordagem tradicional, centrada e conduzida pelo professor, baseia-se na verificação dos objetivos atingidos no ensino estabelecido, através de provas e testes, para poder estabelecer quantitativamente percentuais de nota e analisar estatisticamente ou não, os acertos e erros, ou fazendo comparações entre turmas com seus rendimentos (WACHOWICZ & ROMANOWSKI, 2003). Segundo as autoras, as críticas à avaliação somativa:

indicam que o resultado obtido pelos alunos cristaliza-se no registro de nota, transformando a avaliação numa contabilização de resultados. Nesse caso, a avaliação assume a capacidade de estabelecer a direção do processo da aprendizagem, oriunda da característica pragmática da avaliação em que a fragmentação e a burocratização levam à perda da dinâmica do processo” (2002, p.125).

Já a avaliação formativa seria a avaliação contínua realizada durante o processo de ensino e aprendizagem, com o foco principal na melhoria das aprendizagens atuais, sendo regulado permanentemente tanto pelo professor como pelo aluno. Wachowicz & Romanowski, afirmam que “professores e alunos estão empenhados em verificar o que se sabe, como se aprende e o que não se sabe para indicar os passos a seguir, o que favorece o desenvolvimento pelo aluno da prática de aprender a aprender” (2003, p.126). Criando assim, um diagnóstico mais coerente, na hora de emitir um resultado ou parecer dos dados analisados.

Partindo do pressuposto que aquele que aprende, do ponto de vista do professor, torna-se consciente do processo cognitivo, utilizando uma avaliação que consista em mecanismos de controle e ajustes, sobre seu aprendizado, o aluno faz seu caminhar na busca de uma aprendizagem significativa e o professor observa e registra os resultados, para promover ajustes, numa possível melhoria e não para dar notas. Isso possibilita caracterizar a auto-avaliação como instrumento de trabalho no processo avaliativo.

Assim, a avaliação deveria ser o reflexo de uma ação transformadora, permanente, acompanhando, passo a passo, junto ao aluno, sua trajetória de construção do conhecimento. Para Hoffmann, aluno e professor, “aprendem sobre si mesmos e sobre a realidade escolar no ato próprio da avaliação” (1994, p.18). Esse consenso estabelece critérios para a aprendizagem, sendo passível de mudança cada vez que mudam os critérios, afirmam Wachowicz & Romanowski (2003).

3. 3 O Insucesso da avaliação de Cálculo Diferencial e Integral

O homem tem por hábito fazer apreciações de suas atitudes com o passar dos tempos, mesmo com as atitudes poucas significativas. Decorrida da forma permanentemente com que os homens avaliam e são avaliados isto é, realizadas tanto em termos de auto-avaliação como em termos de avaliação de atividades dos outros. Barbosa (2001, p.43) afirma que se em sua vida quotidiana o homem faz isso, intrinsecamente, e é de se esperar que quando executada em uma atividade sistemática, essa prática se torne muito mais cuidadosa e objetiva. No desempenho dessas atividades, tenta sempre estabelecer uma metodologia para avaliar o melhor

desempenho, tendo como objetivo indicar o sucesso ou insucesso dessas atividades. Nesse mesmo sentido, a avaliação escolar passa por diversas análises e transformações, para poder estabelecer, da melhor maneira possível, “julgamentos” em relações às metodologias adotadas para o desenvolvimento cognitivo.

Por isso, muitas vezes, salientamos que os modelos de avaliação, se não forem bem observados e analisados na sua completitude, podem gerar equívocos conceituais. Sabemos também que os sujeitos que avaliam, muitas vezes acabam inserindo os seus significados, valores, crenças, fato este, de que concomitantemente na atividade humana, cujas origens históricas mostram, que não se separa o juízo do julgamento. Assim a avaliação traz os reflexos das concepções teóricas da educação, como da visão da sociedade na qual está inserida e apresenta-se, por vezes, como parte do processo de aprendizagem, como fim e não início e meio.

Na prática, ela se apresenta após o termino de bimestre, sendo um dever do aluno/professor, e não um direito; enfatiza-se mais a forma do que conteúdo, cria a função de estudo em relação a provas, apresenta-se, às vezes, com grau de subjetividade ou abstração muitos elevados. Nessa visão, fica claro que a avaliação assume um papel central e determinante na aprendizagem. Essa abordagem se manifesta na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, onde as questões são muito complexas e atingindo um alto índice de dificuldade. O aluno para tirar um “dez” deve ser o melhor, resolvendo questões com um rigoroso formalismo matemático.

Esse rigor é decorrente do campo científico, de um mundo desconectado, permeado por diferenças, distinções, separações, totalmente empirista.

Historicamente essa idéia se estabeleceu pela forma com que se apresentava o paradigma da ciência, de modo fragmentado, consequência do racionalismo newtoniano/cartesiano, de que o universo, bem como o mundo, era regido por leis (causa /efeito) e por sua semelhança de mundo máquina, feito por partes engenhosas, engrenagens, etc, cada uma compartilhando sua parte para a harmonia do todo.

Dessa forma, a avaliação, no Cálculo Diferencial e Integral pode ser consequência de um instrumento de medida, rigoroso, exato, sem imperfeições, sendo também regido por leis, segundo uma concepção tecnicista de conhecimento matemático acumulado e memorizado.

Segundo D'Ambrósio (1986, p.93), é na Matemática e nas ciências que se atingem um grau de formalismo comparável. "Rigor e formalismo, na estruturação de uma disciplina é algo que nada ou pouco tem a ver com seu ensino". Isso consequentemente afeta, de modo direto ou indireto, as matérias e os conteúdos dessas áreas de conhecimento, sendo condição necessária e suficiente para que a avaliação também passe a ser formal, rigorosa e quantitativa.

Na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, a avaliação da aprendizagem geralmente é somente compreendida no sentido restrito de provas, sem uma avaliação dos processos de ensino e aprendizagem utilizados pelo professor e aluno. Priorizando sempre os acertos, sendo entendida como ferramenta de controle, em que o conceito de 'aprendeu' ou 'sabe fazer', sempre é feito através de um somatório ou acumulativos de acertos, gerando notas. É claro que o sistema atual de ensino brasileiro é baseado no conceito de notas, porém cabe ressaltar que nem sempre esse conceito irá validar a apropriação do conhecimento,

particularmente quando as práticas avaliativas não contemplam registros mais qualitativos dos aspectos cognitivos envolvidos na construção dos conhecimentos.

Isso se confirma quando os estudantes são avaliados recebendo apenas uma nota, um valor numérico que pressupõe a “quantidade”, se é que isto é passível de mensuração, de conhecimento que foi adquirido e, talvez, assimilada pelo estudante. Assim torna-se difícil aceitar que o desempenho insuficiente ou inadequado, reproduzido pela nota, signifique incapacidade de aprender.

Por ter um sentido classificatório, a avaliação no Cálculo está impregnada dos padrões científicos e culturais, aceitáveis e desejáveis, que foram consagrados universalmente via historicidade, ancorada, portanto, numa concepção positivista, onde o que importa é o resultado, o produto final, do aluno. Por exemplo: na verificação da aprendizagem de derivada ou da integral, os professores não dão conta dos métodos que o aluno usou para resolver, ou que método aplicou, ou ainda, que avanço teve o aluno ao tentar resolver. O que importa é o resultado final.

Isso se confirma, nos enunciados das avaliações de Cálculo que se resumem em “calcule a derivada”, “resolva a integral”. Assim, os defensores dessas concepções sempre acabam por se preocupar com os resultados quantitativos (acertos ou erros). Não queremos levantar a “bandeira” da avaliação correta ou tentar julgar a errada, mas reafirmamos que, na avaliação da aprendizagem, provas, testes, e outros instrumentos que gerem notas ou que meçam, possam ser componentes reveladores da concepção de avaliação, e nunca deveriam ser os únicos. Para Demo,

É equivoco pretender confronto dicotômico entre qualidade e quantidade, pela simples razão de que ambas as dimensões fazem parte da realidade da vida. Não são coisas estanques, mas facetas do mesmo todo. Por mais que possamos admitir qualidade como algo “mais” e

mesmo “melhor” que quantidade, no fundo, uma jamais substitui a outra, embora seja sempre possível preferir uma à outra (1994 p.9).

Já mencionamos anteriormente que a avaliação formativa e diagnóstica voltada para as dificuldades dos alunos, como vias de rumo, permite fazer comparações de modos diferentes de desempenho. Para Romão (2001), elas permitem, ao aluno e ao professor, verificar o quanto avançou relativamente ao momento anterior de um processo de ensino, tendo como o produto o processo de aprendizagem.

Não é uma tarefa fácil, mas a avaliação do Cálculo Diferencial e Integral deve proporcionar uma condição de favorecimento, para que o aluno passe a ser participante ativo do processo de aprendizagem, tentando sempre se aperfeiçoar, ou se corrigir durante o processo.

Concluimos, que se pode pensar em uma prática avaliativa, onde seja respeitado o ritmo e as condições pessoais do aluno, desde sua entrada, ou seja, o ponto de partida, e durante o processo (trajetória), voltado para um aprendizado específico da disciplina ou na produção de um novo saber, direcionado para as necessidades, valores e potencialidades da humanidade.

IV. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Com o objetivo de investigar os fatores geradores do insucesso dos alunos dos cursos de Engenharias na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, buscou-se, por meio de uma abordagem qualitativa, levantar dados para a compreensão desse fenômeno no âmbito dos cursos investigados. A coleta de dados foi realizada no próprio ambiente natural onde ocorre o fenômeno, ou seja, no contexto dos cursos em estudo, tendo em vista compreender os processos que ali ocorrem em relação às dificuldades que os alunos encontram na referida disciplina. Segundo BOGDAN & BILKLE (1994), "a ênfase qualitativa no processo tem sido particularmente útil na investigação educacional". Essa abordagem também é muito presente nas pesquisas mais recentes da área da Educação Matemática. Como destacam LÜDKE & ANDRÉ (1986), o contexto sócio-cultural é um celeiro de dados qualitativos para a compreensão dos significados dados pelos sujeitos aos fenômenos educacionais. Nesse sentido, na coleta de dados, a pesquisa utilizou a análise documental para levantar informações acerca das propostas didáticas em vigor nos cursos de Engenharia, aplicou questionários aos alunos reprovados naquele período na disciplina em questão e realizou entrevistas com professores que ministraram a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral no período delimitado.

4. 1 O plano de curso de Cálculo Diferencial e Integral

Na análise do plano de curso da disciplina em questão (ANEXO 3) constata-se a vigência de um plano único para diferentes cursos. Tanto nos cursos de

Engenharia da Computação e Ciência da Computação, como nos cursos de Engenharia Química e Mecatrônica, a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral está organizada em torno de um programa de aprendizagem centrado nos conjuntos numéricos, nas funções reais, nos limites e continuidade e nas derivadas, numa carga horária de 72 horas e quatro horas semanais de aulas de Cálculo Diferencial e Integral durante o primeiro período dos cursos (1º semestre). Na relação dos temas de estudo, conforme se observa no Anexo 1, teoremas fundamentais, estudo da variação de funções e aplicações de derivadas são elencados como itens diferenciados dos conceitos trabalhados, indicando que no próprio plano há uma distinção entre o conceito matemático e sua aplicação, ou seja, os conceitos estão separados de sua aplicação prática. O programa propõe o desenvolvimento de aptidões e competências/habilidades dos alunos tendo em vista a articulação dos conceitos matemáticos previstos nos tópicos do programa às situações de prática profissional. A metodologia proposta considera o aluno sujeito da aprendizagem e o professor como mediador desse processo. Propõe um ensino dinâmico, a partir de situações problemas tendo em vista a formação de um aluno crítico, um "cidadão cristão comprometido com o bem estar da sociedade, gerador de autonomia e mudanças sociais" (Programa de Aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral - PUCPR). O plano define como procedimentos do professor, as aulas dialogadas e a utilização de recursos computacionais (Maple e Matlab) como elementos facilitadores da aprendizagem do aluno. Como atividades do aluno é proposta a resolução de listas de exercícios e trabalhos individuais e em grupos, além de pesquisas bibliográficas e utilização da Internet para a tarefa de análise crítica de obras e informações consultadas. A avaliação prevista no plano é continuada e

participativa. Para determinar novos rumos ao ensino, são indicadas avaliações diagnósticas "ou" somativas e a utilização de provas escritas, trabalhos escritos e orais e outros meios adequados ao momento pedagógico que permanecem indefinidos no plano analisado. A bibliografia básica indicada no plano é pertinente e atualizada.

A análise levanta a hipótese de que o plano de ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral é planejado pelo Departamento de Matemática da respectiva instituição, gerando um descompasso de significância para o Cálculo dos diferentes cursos onde o mesmo é aplicado. Em relação aos livros indicados, também não se encontra uma obra específica para o Cálculo de um determinado curso. Essa forma generalizada de tratar a disciplina reforça a lógica de um saber abstrato e descontextualizado, o que pode ser constatado pela ausência de dimensões históricas da disciplina e da forma de apresentação dos conceitos no plano de ensino da disciplina.

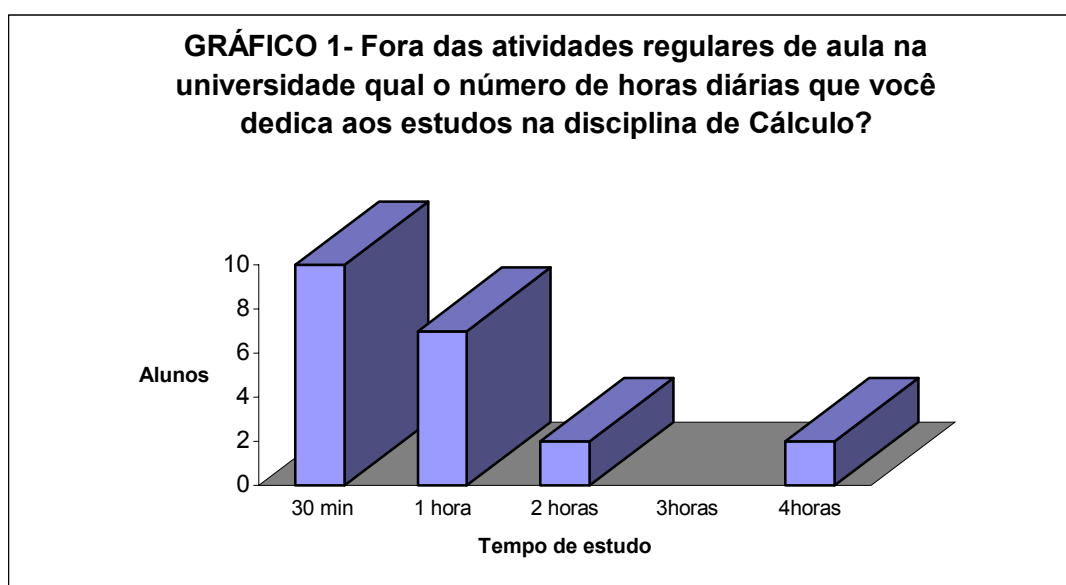
4. 2 A aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral na visão dos alunos

Para conhecer as características da aprendizagem, implícitas nas práticas adotadas pelos alunos para aprender a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, as dificuldades por eles encontradas no processo de aprendizagem, suas expectativas em relação à avaliação foi aplicado um questionário (Anexo 2) aos alunos reprovados na disciplina em 2001 e que voltaram a cursá-la em 2002, alunos que atualmente freqüentam o 6° ou 7° período dos cursos investigados. O instrumento continha 11 perguntas, sendo 9 questões fechadas e 2 questões

abertas, estas últimas propostas para que os alunos pudessem posicionar-se em relação ao conteúdo da disciplina, ao processo avaliativo vivenciado e também que pudessem apontar aspectos positivos e negativos percebidos na mesma.

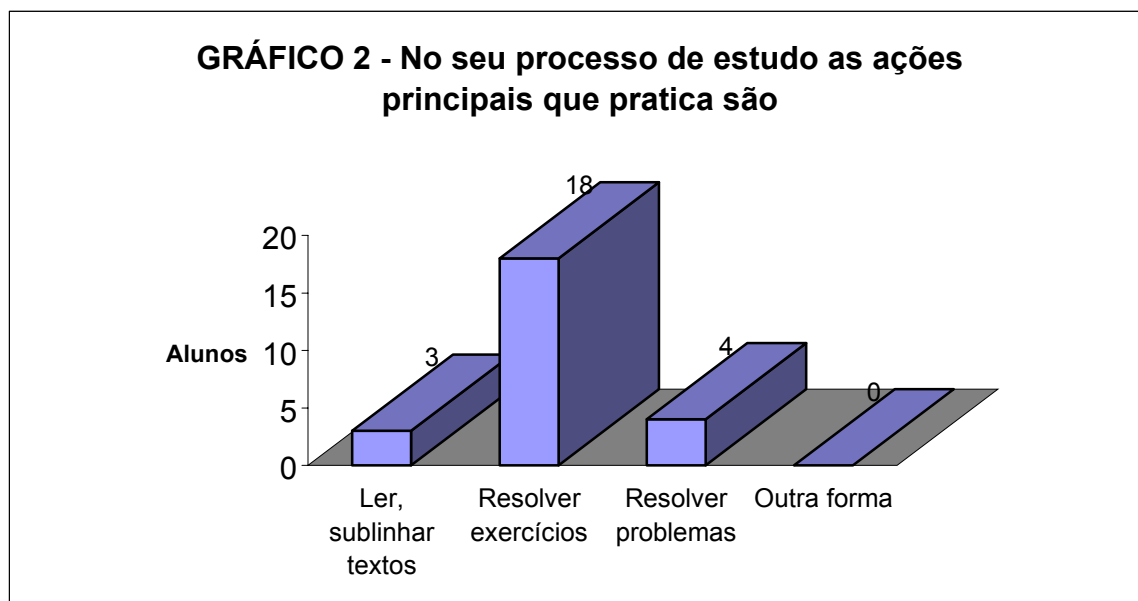
A aplicação do questionário ocorreu na sala de aula, entregues pessoalmente a cada respondente dos 20 alunos selecionados segundo os critérios já apontados. O universo dos sujeitos respondentes correspondeu à população dos alunos reprovados no período delimitado ou que estavam cursando mais de uma vez a referida disciplina, ou seja, 5 alunos de Engenharia Mecatrônica, 6 alunos de Engenharia Química, 4 alunos de Ciências da Computação e 5 de Engenharia da Computação.

Os gráficos apresentados a seguir evidenciam os dados coletados e a respectiva análise das respostas revela, não somente como os alunos, que não foram bem sucedidos na aprendizagem, avaliam a disciplina que foram reprovados, sobretudo informam seus hábitos de estudo, fator considerado importante para a compreensão do insucesso escolar. Com as alternativas de resposta, constatou que



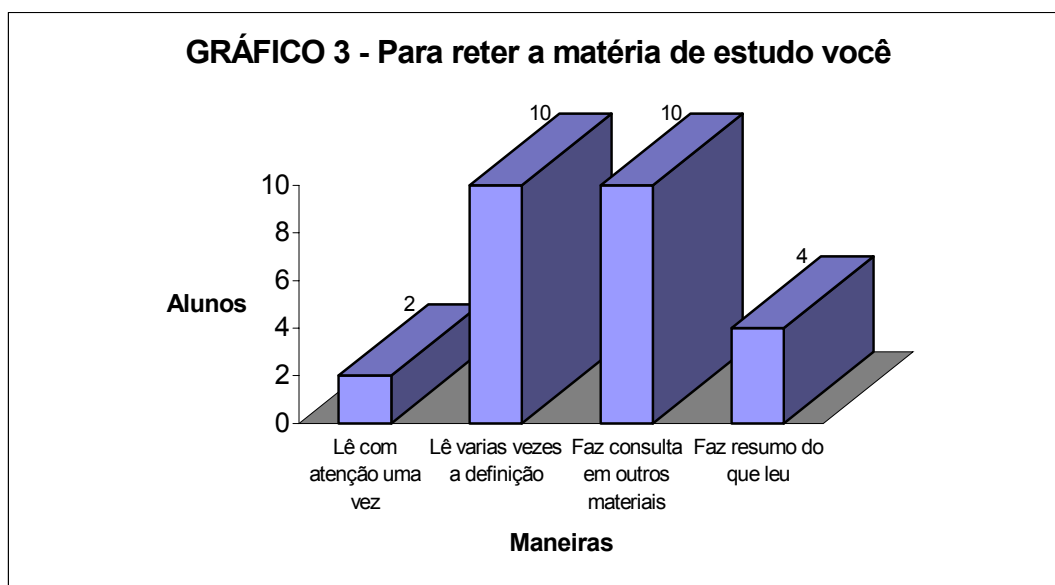
metade, estudam apenas 30 minutos, enquanto apenas dois alunos estudam duas horas.

Esses resultados deixam claro que a metade destes estudantes estuda muito pouco, isso se afirma pelo modo que praticam este estudo no Cálculo.

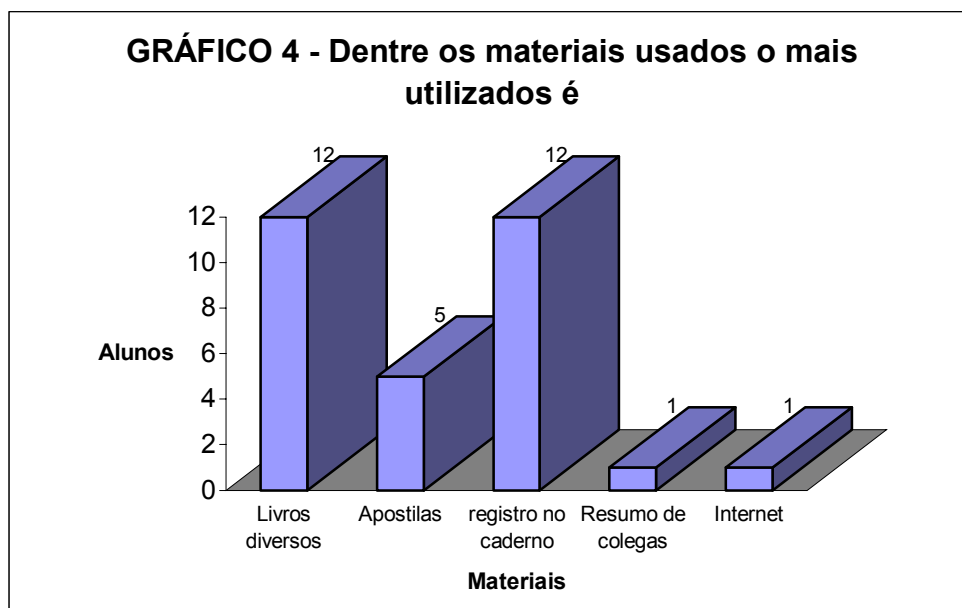


Percebemos que, na maioria, a principal ação praticada, consiste em resolver exercícios, talvez pela ênfase dada de que no ensino de matemática, a metodologia de resolver exercícios, de praticar, justifique o aprendizado. Uma modesta parte dos alunos procura, na resolução de problemas e na interpretação, dar significado à sua compreensão, tentando assim, melhorar o seu desempenho. Isso mostra que compreensão ainda tem um caráter de repetição ou de memorização de exercícios. Enquanto que a prática de pesquisar, apresenta-se numa aprendizagem menos significativa, não aparecendo na indagação “Outra forma”, no processo e ações de estudo.

Quando perguntamos sobre como: **eles fazem para reter a matéria em estudo**, observamos que:



Embora alguns alunos leiam com atenção ou façam resumos, fica mais evidente que em média ou a maioria reforça a releitura significativa ou faz consultas; apresentando autonomia na busca do conhecimento, através da busca de outras fontes de informação. Porém, quando verificamos essa autonomia de busca ao abordá-los, sobre os materiais mais utilizados, constatamos que:



O caderno e o livro se destacam, pois o primeiro contém as anotações de aula, centradas na fala do professor, tendo conteúdos mostrados como prontos e inquestionáveis, apresentando características pela sequência de definições, enunciados, teoremas e demonstrações, seguidos de cálculos e exercícios de fixação (FRANCHI, 1995). O segundo segue a mesma estrutura, que aborda todo conteúdo de Cálculo, fazendo algumas vezes um apanhado histórico e sugerindo em alguns, salvo mudanças no modo de agir, a aplicabilidade a outras áreas do conhecimento. Alguns alunos admitem a preferência de apostilas mais resumidas que o próprio professor faz, para minimizar o distanciamento didático das informações que os livros trazem.

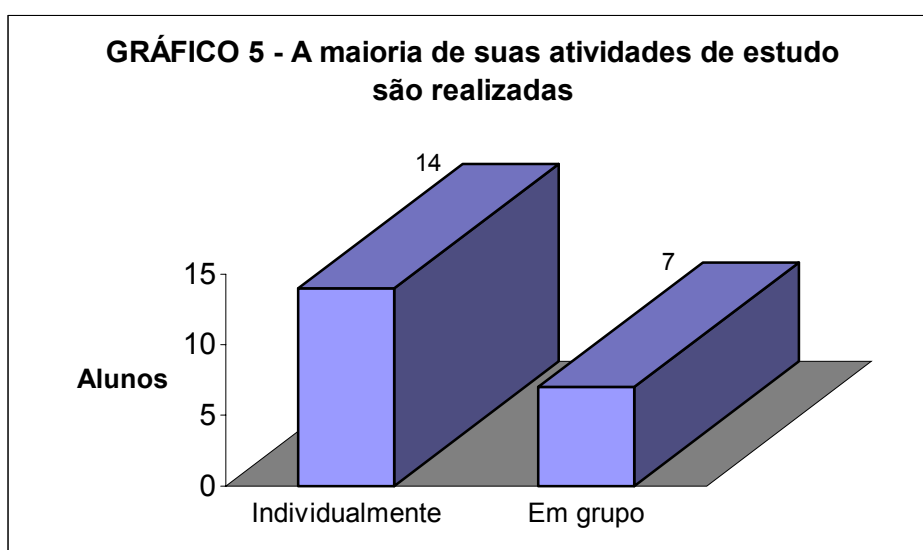
Porém, tanto nas aulas como nos livros, fica evidente o modelo de aula, sendo em parte exposição-exemplos-exercícios.

Isso nos preocupa, visto que, por fazerem parte da sociedade da informação, sempre envolvidos com a internet, os alunos não a vêem como uma importante

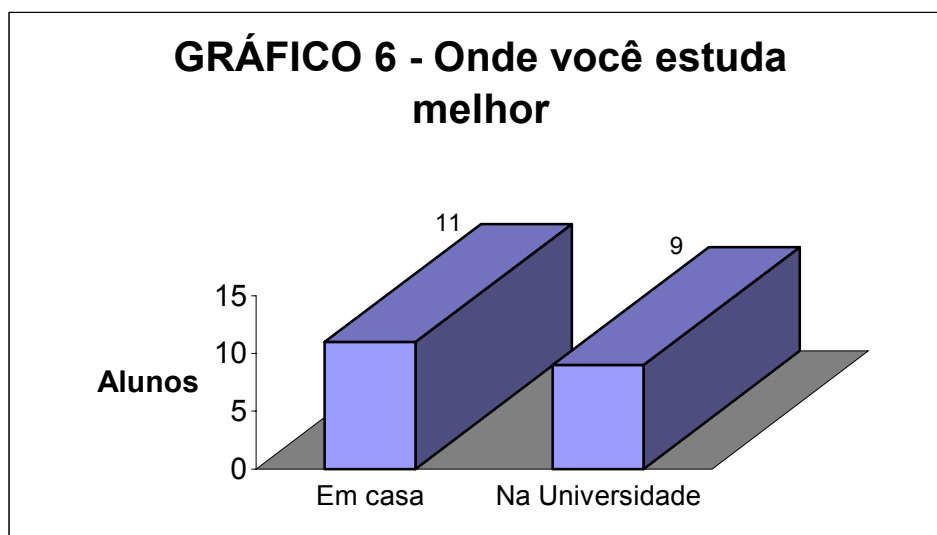
ferramenta que poderia propiciar melhorias na aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral.

Ainda mais, porque podemos estar consultando aplicações do Cálculo, ter acesso a notas de aulas ou explicações sobre o tema, sob diversos pontos de vista, ou seja, temos como abrir salas de discussões, entrar em contatos com outros alunos e professores das instituições de ensino de todo o mundo.

Percebe-se também que a idéia de cooperativismo ou de solidariedade se encontra muito distante do ensino, permanecendo no campo das ideologias. Esse fato se confirma no gráfico abaixo, quando perguntamos; de que modos são realizados seus estudos e a maioria responde, como se observa no gráfico a seguir, que é de modo individual. Talvez essa cultura, seja pelo fato de que no momento da ascensão social, a competitividade adentra na escola, ou na sala de aula, sendo interiorizada pela educação. Porém se apresentarmos, em contrapartida, que a idéia de competição não deve se fazer na Educação, poderemos mudar essas concepções, pelo fato de que historicamente o conhecimento sempre se fez pelos princípios cooperativistas.

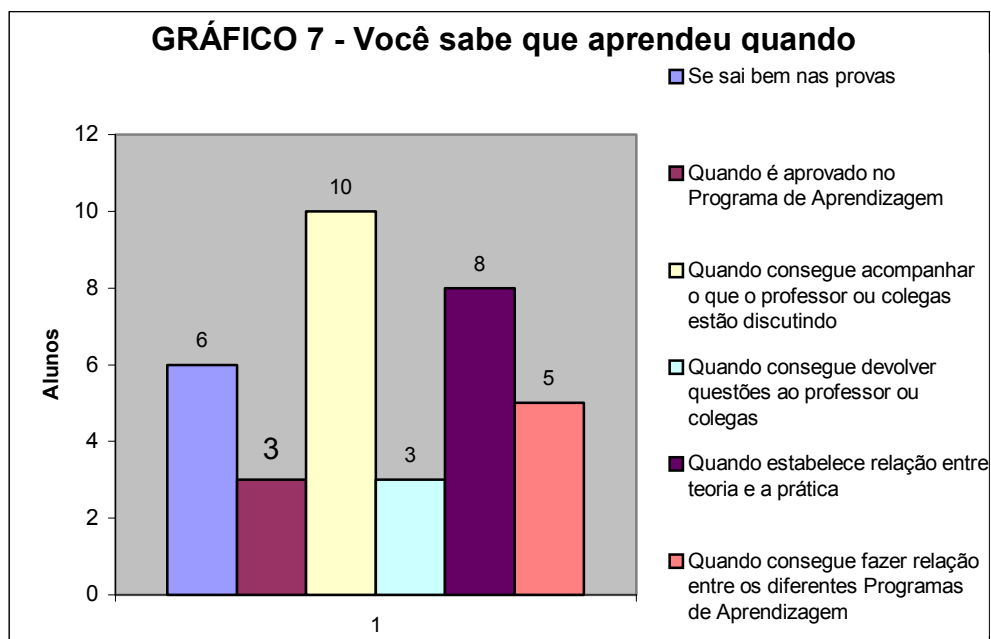


As contribuições dos estudantes, em relação ao local onde eles estudam melhor, foram as seguintes:



Estatisticamente, aqui nesta informação podemos, perceber que 50% dos entrevistados estudam melhor em suas casas, no seu próprio ritmo. Alguns alunos afirmaram que estar em um ambiente mais fraterno facilita a concentração; enquanto outros preferem estudar na universidade pelo fato de estarem no ambiente de estudo e poderem trocar informações com os colegas e também por terem apenas neste horário o tempo suficiente ir biblioteca a traz das bibliografias.

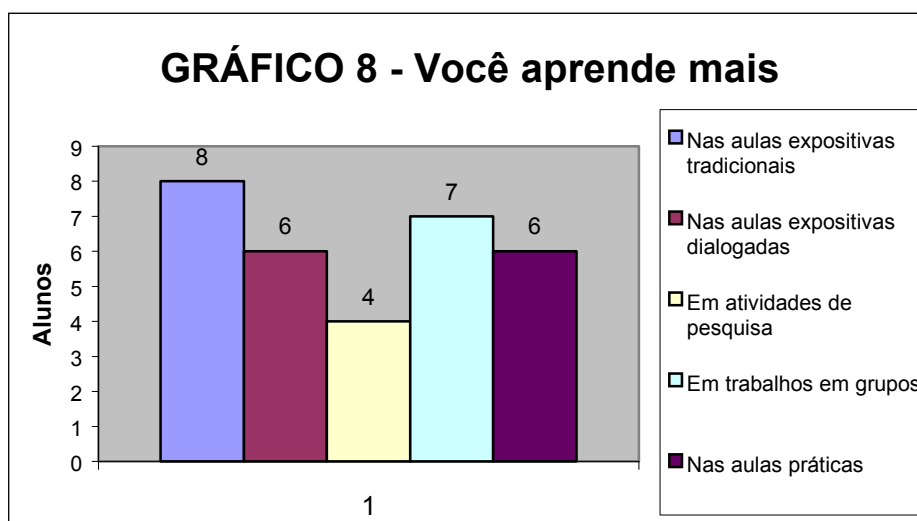
A indagação: **Você sabe que aprendeu quando?** Obteve as seguintes respostas:



As opções apontadas nesta pergunta remetem a três posicionamentos mais citados pelos respondentes: no primeiro, metade dos alunos (10) afirma que conseguem aprender quando conseguem acompanhar (compreender) o que o professor transmite, seguido por uma parte (8) que afirma que aprendem quando existe relação entre teoria e prática, isso ocorre, devido à preocupação em ter uma formação adequada para a sua profissão, sendo um profissional competente; no segundo posicionamento, se confirma a aprendizagem dos alunos através da certificação de notas, quando eles mencionam em se sair bem nas provas (6) – este fato é decorrente da valorização histórica, das provas. Cinco alunos aprendem quando conseguem fazer relações nos diferentes programas de aprendizagem de seu curso. Afinal de contas, os alunos entendem que a unificação das diversas disciplinas é que darão o conhecimento generalista que eles precisam adquirir para o mercado de trabalho. O terceiro posicionamento refere-se na aprovação (3), isso porque se tem a idéia que se foi aprovado é porque houve aprendizagem e na

questão de devolver questões ao professor, onde os respondentes (3), consideram interatividade entre professor/aluno, aluno e colegas, e vice-versa, isso gera um processo de construção de conhecimento.

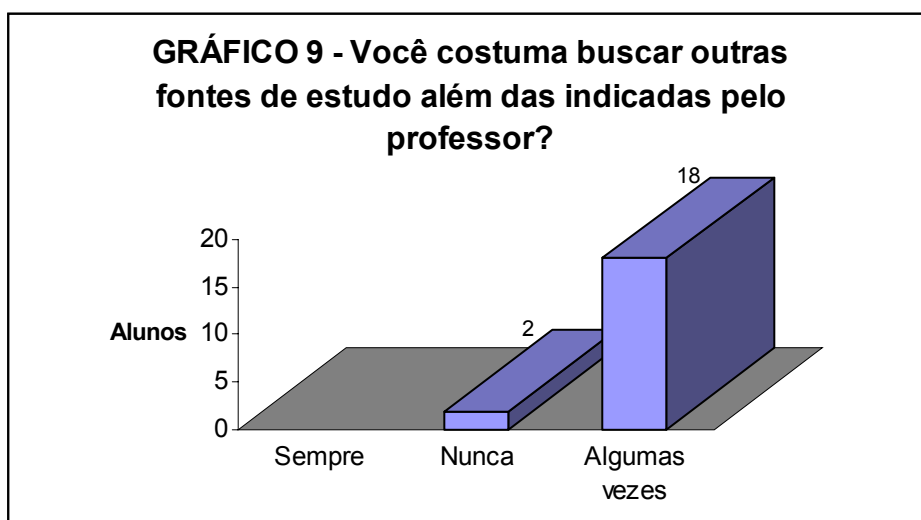
Todavia, essa observação visualizada no gráfico 7, nos surpreende porque esses estudantes demonstram uma concepção de aprendizagem baseada em teorias educacionais avançadas que valorizam o diálogo e a interdisciplinariedade. No entanto, quando argumentam que “aprenderam quando se saem bem nas provas”, os alunos demonstram estar arraigados a uma prática de avaliação classificatória e um tanto opressora, cujas implicações dessa forma de pensar, impedem ou dificultam o desenvolvimento de sua autonomia, desestimulando a busca do conhecimento. Observa-se que isto se consolida na pergunta abaixo gerando uma contradição:



Como se pode observar acima, as aulas tradicionais meramente expositivas, são apontadas como as preferidas pela maioria, possivelmente pela posição que se encontra o aluno, em relação à crença: “o professor ensina mostrando e o aluno

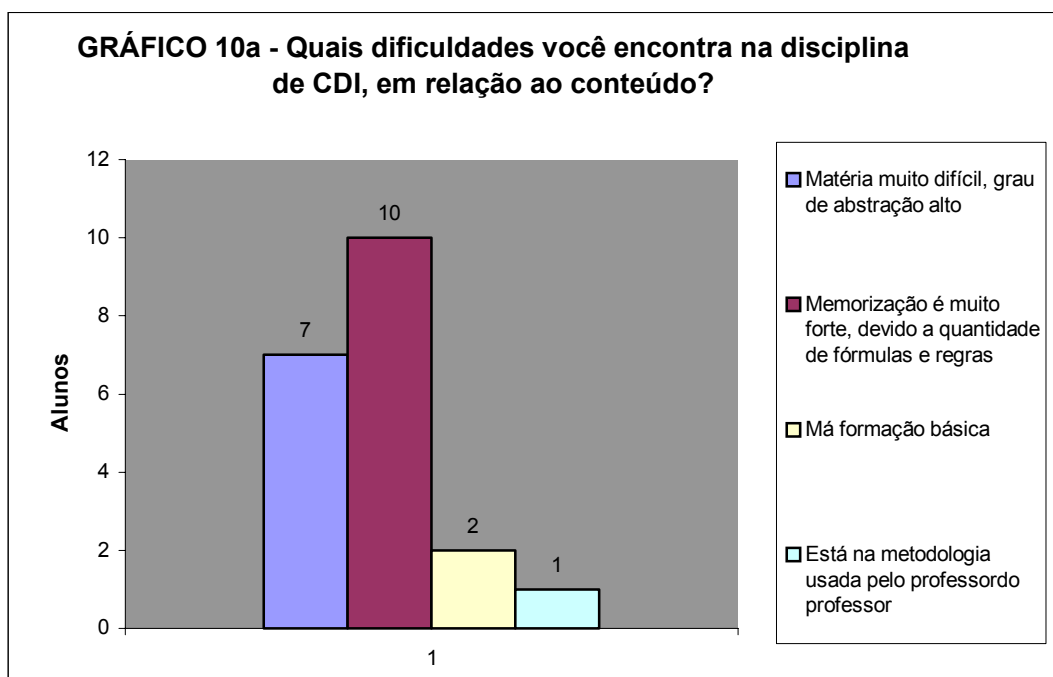
aprende vendo”, resultado de uma aliança entre aluno e professor de que somente professor é o sujeito do suposto saber. As aulas práticas e as atividades de pesquisa acabam assumindo menor importância para os respondentes, em relação às aulas expositivas.

Em relação às fontes de estudo, o gráfico 9 mostra que a maioria dos alunos reprovados, em Cálculo Diferencial e Integral, buscam outras fontes de estudo, porém, não de forma contínua.



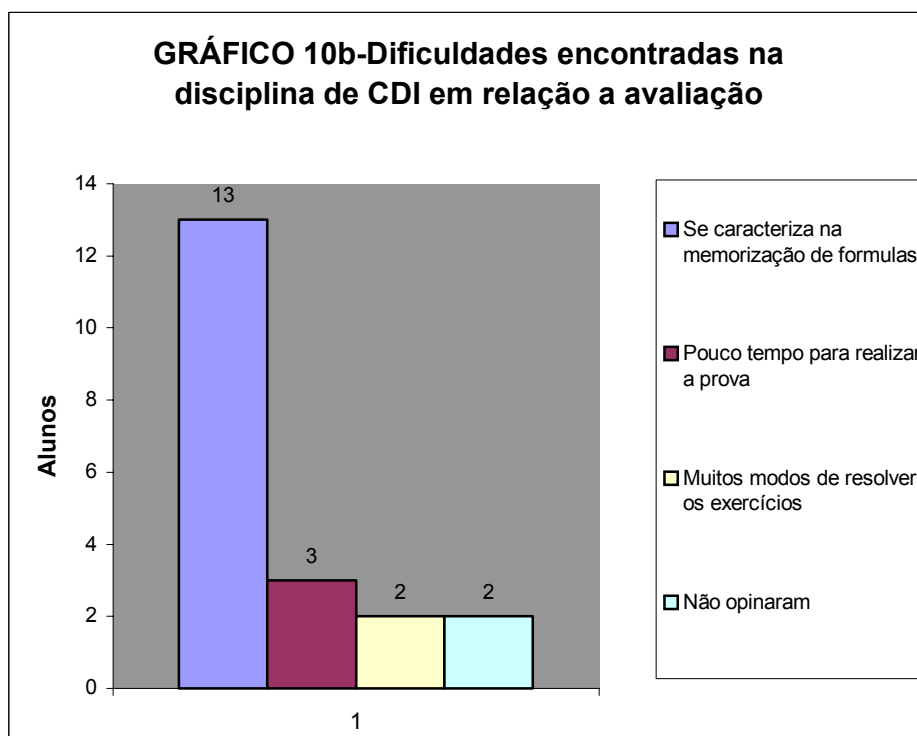
Nesta questão, a resposta deveria ser uma constante e, no entanto, não é isto que mostra o gráfico acima, talvez pelo fato de não termos uma prática de estudo mais aprofundada nos referidos cursos. A busca da informação apresenta-se descaracterizada pelas metodologias que orientam as informações, sempre prontas e acabadas. De acordo com a cultura estabelecida recebemos toda a informação de modo sintetizado e facilitado.

Quando abordados entre **quais dificuldades você encontra na disciplina de Cálculo Diferencial Integral, em relação ao conteúdo**, os alunos apontam inúmeras dificuldades, como podemos observar no gráfico abaixo:



Percebemos que 7 alunos justificam que a matéria é difícil, tendo alto grau de abstração. Afirmam também, que nunca viram falar nas séries anteriores; outra argumentação se resume nas respostas de 10 alunos, onde a memorização é muito forte (decoreba), provavelmente devido à quantidade de decorar muitas fórmulas e regras. A matemática básica aparece somente em 2 falas de alunos respondentes, enquanto que apenas um aluno menciona a dificuldade do professor transmitir. Presume-se, que este conteúdo, caracteriza para o aluno, como sendo um conteúdo pronto e acabado, sem muito que fazer, se não se apropriar das fórmulas. Entretanto os alunos não culpam os professores, o que mostra ser um conformismo com sua própria incapacidade de aprender.

A mesma pergunta, direcionada em **relação às dificuldades encontrada na avaliação**, conforme o gráfico abaixo:

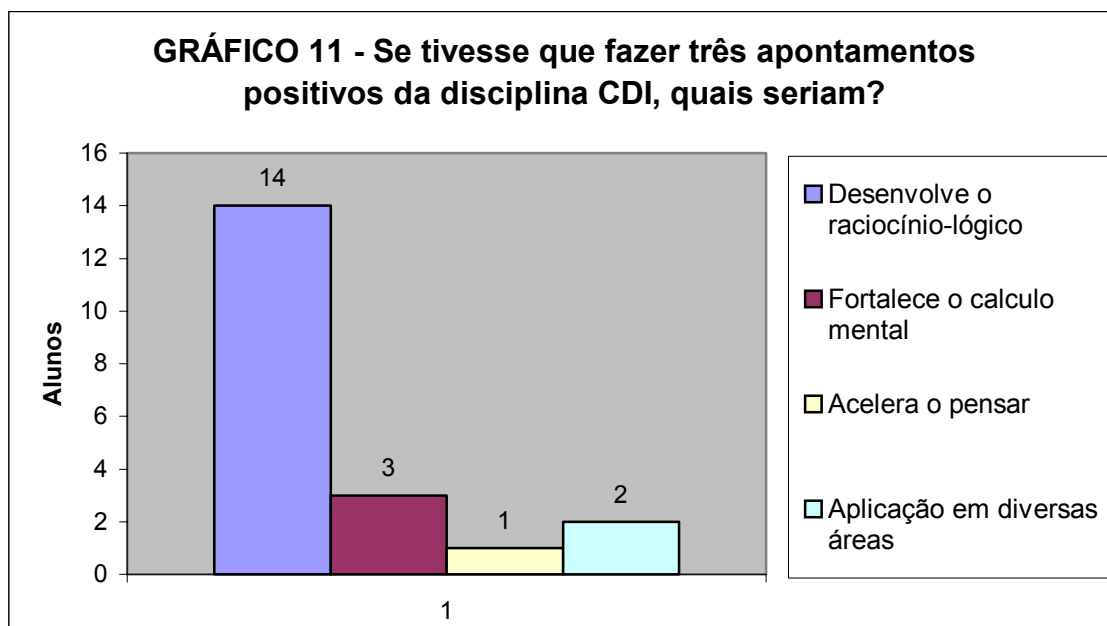


A confirmação da memorização das fórmulas mostram, em 13 depoimentos dos alunos, evidências de que a prática avaliativa está intimamente ligada a metodologia utilizada pelo professor. Outros três alunos afirmam o pouco tempo para a realização das provas como fator de dificuldade, alegando que na maioria das vezes, as questões são muito difíceis, se tornando extensas; enquanto que para dois alunos, os diversos modos de resolver os exercícios os confundem. Para eles, os diversos métodos não estão claros, enquanto caminhos ou estratégias de resolução dos problemas. Outros dois alunos não opinaram ter dificuldades na avaliação.

Finalmente, levantamos os pontos de vista dos alunos, em relação à questão:

Se tivesse que fazer três apontamentos positivos e três negativos da disciplina de Cálculo Diferencial Integral, quais seriam?

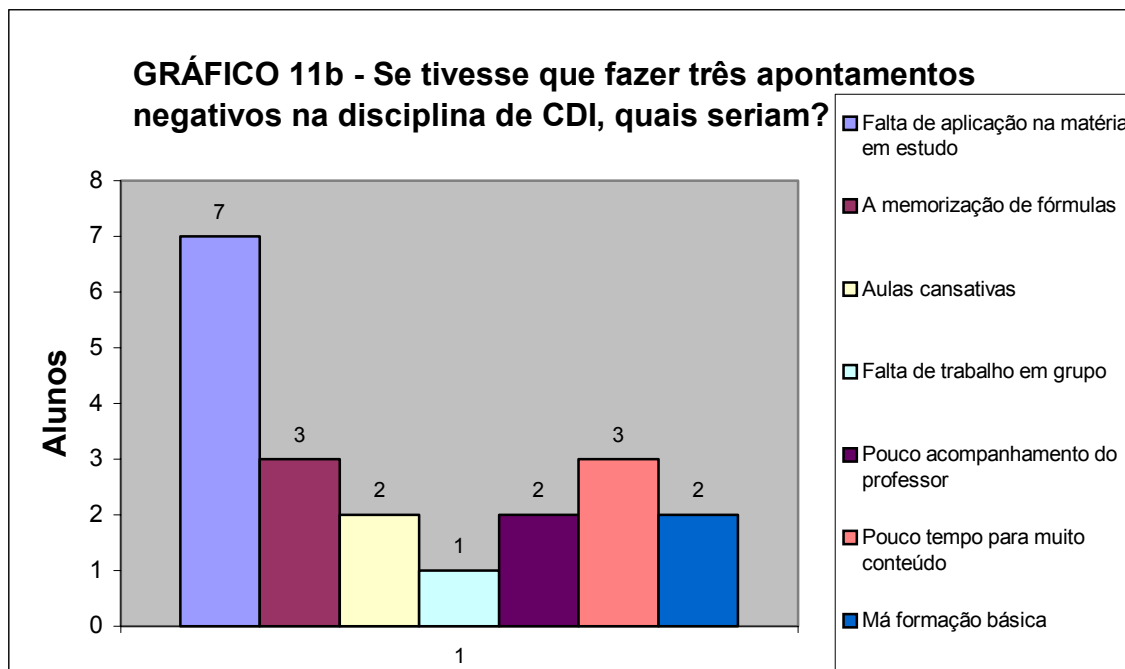
O gráfico abaixo mostra o que o aluno vê de positivo na disciplina de CDI – Cálculo Diferencial e Integral.



14 estudantes afirmaram que a disciplina de CDI aprimora o raciocínio-lógico, isto se confirma pela lógica atribuída aos exercícios que apresentam diversas formas de resolver; 3 indicam o fortalecimento do cálculo mental, através da memorização que o processo de aprendizagem envolve; um aluno menciona que a aceleração do ritmo de estudo, tendo muito conteúdo, *faz com que a pessoa tenha que ser rápida, desenvolve a rapidez*. Enquanto que os outros 2 alunos restantes, afirmam que a aplicação é vasta.

Quando os alunos foram interrogados pela mesma pergunta, dos apontamentos negativos que a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral teria, suas

resposta foram diversas. A representação gráfica nos mostra que, dos vinte alunos interrogados, todos opinaram, sendo:



7 alunos afirmaram a falta de aplicação; 3 alunos mencionaram, no processo de aprendizagem, ter que decorar fórmulas; outros 2 alegaram ter aulas cansativas e abstratas; 1 aluno apontou a falta de trabalho em grupo na sala de aula; outros 2 referiram-se como pontos negativos o pouco acompanhamento por parte dos professores; 3 alunos também mencionaram o pouco tempo destinado à disciplina, devido à quantidade de conteúdo que se tem pra ver; os outros dois alunos, justificaram como apontamentos negativos da disciplina, a falta de formação básica e a necessidade de ter que estudar muito para acompanhar a disciplina.

4. 3 O insucesso dos alunos segundo os professores

Outra decisão metodológica da pesquisa foi a realização de entrevistas com os professores que ministraram a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral aos alunos do universo pesquisado. Optou-se por uma entrevista semi-estruturada (Anexo 1), realizada com 4 professores que ministraram a disciplina nos cursos que integram o universo da pesquisa. As entrevistas foram realizadas no próprio ambiente de trabalho, cada uma com duração prevista de uma hora, podendo ser prorrogada por mais uma hora. As questões em pauta tinham como objetivo saber como os professores entendiam o insucesso alcançado pelos alunos na disciplina por eles ministrada, como eram realizadas as avaliações, quais os processos utilizados por eles para atender as dificuldades apresentadas pelos alunos que não acompanhavam o desenrolar do programa de aprendizagem. A análise das entrevistas foi configurada a partir das categorias considerada relevantes para o atendimento dos objetivos propostos, ou sejam: os motivos do insucesso do aluno segundo os professores; as aulas de Cálculo; a avaliação da disciplina de Cálculo; o apoio pedagógico aos alunos com dificuldades em Cálculo.

4. 3. 1 Os motivos do insucesso do aluno segundo os professores

Para o Professor A, que há 20 anos trabalha com alunos calouros e tem grande experiência com o ensino de Matemática do 2º grau, falta ao aluno que reprova em Cálculo Diferencial e Integral, disciplina, envolvimento e comprometimento. *Eu costumo dizer que não existe vento a favor para um barco sem rumo.* Em sua fala, o professor A reclama da falta de metas bem definidas por parte dos alunos. Para este professor, este fator impede que o aluno seja ajudado,

pois o professor percebe quando não há envolvimento com os estudos e com o conhecimento oferecido pela disciplina. Referindo-se ao perfil do aluno, observa que os perfis são diferentes em cada curso. *O aluno do curso da Licenciatura em Matemática normalmente não teve condições de fazer um cursinho ou um segundo grau mais forte. (...) Têm escolas que enganam os pais e os alunos, se elas reprovam elas perdem o aluno.* Nas engenharias (que funciona em turnos diurnos), segundo o professor A, os alunos são oriundos da escola particular. Nos cursos noturnos, a maioria trabalha e muitos não recebem ajuda da empresa para pagar a faculdade.

O professor B, que trabalha há também há 20 anos na instituição investigada, diz que foi escolhido para trabalhar com Cálculo I para alunos ingressantes porque fala a linguagem dos jovens. Para este professor, o que falta ao aluno são pré-requisitos para cursar a disciplina: *Existe sem dúvida nenhuma, uma deficiência do ensino Médio. Eu sempre faço um teste diagnóstico no primeiro dia de aula, de matemática básica e alguma coisa do ensino médio, e a gente nota que poucos alunos conseguem responder com exatidão essa parte. Claro que existem alunos que têm dificuldades mais graves ainda, do ensino fundamental, como potenciação, radiciação, manipulação de expressão algébrica, produtos notáveis.*

O professor C, que leciona há mais de 30 anos, deu aulas para iniciantes de faculdade, por mais de 20 anos. Para ele, os alunos também chegam com *deficiência de conhecimentos do ensino médio (...) muitos alunos quando chegam nas aulas se dão conta que não era bem isso que eles queriam. (...) têm alunos irresponsáveis, que só assistem aula, e não fazem os exercícios. Existe os que reprovam porque não sabem e os que não querem estudar. Quando ficam em*

dependência e resolvem estudar passam sem problemas. E existem os alunos que não querem nada com nada. Os que estudam porque os pais exigem. Quando apreçam as matérias que precisam do conhecimento do Ensino Médio, eles apanham, se foram alunos preguiçosos, ou maus alunos no ensino médio, eles acusam.

Para o professor D, há 10 anos na instituição investigada, o maior problema do aluno reprovado é *falta de conhecimento básico do 1º grau. (...) O que o pessoal não sabe é álgebra, manipular um radical. O problema é que a matemática tem o pré-requisito. Para estudar um assunto, ele precisa os pré-requisitos anteriores. (...) Quando ele vai resolver, chega um momento que ele vai fazer um monte de continhas. Estas continhas...A raiz quadrada de..., falta para a área tecnológica, os conceitos básicos.*

Como se observa os motivos dados pelos professores são diversos, porém, a maioria incide no frágil desempenho do aluno.

4. 3. 2 As aulas de Cálculo na opinião dos professores

O professor A, acha que a aula de Cálculo deveria ser como as aulas da cultura européia. Nesta cultura, o *professor de Cálculo vai ao quadro de giz oito vezes, no ano todo. O quadro serve para ele (professor) pôr o nome, passar a bibliografia, o sistema de avaliação. O professor manda os alunos estudarem, ele resolve e acompanha as dúvidas, e passa as provas. Nas universidades brasileiras que seguem este sistema, como a UNICAMP, a UFRGS, UNESP, UNB, estão*

fazendo isso e estão com excelente avaliação no Provão, com pesquisas, publicações etc, com gente autônoma.

Para o professor B, nas primeiras semanas de curso, de Cálculo e Física, devesse dar, obrigatoriamente, um Cálculo 0 (zero) e uma Física 0 (zero), valendo nota e presença para motivar o aluno, e para reforçar os conceitos, pra daí sim começar. O Cálculo zero ao qual se refere o professor B é uma aula de pré - requisitos para que o aluno possa acompanhar. Por exemplo, aula de funções, equações, polinômios etc.

Ainda o mesmo recomenda: um livro para meu curso, mas não é para seguir a aula com ele, seqüencialmente, é para estudar em casa e fazer exercícios. Não precisa trazer toda a aula, a aula é de Cálculo, não de musculação. Existem outros livros que poderíamos recomendar, mas se já é uma dificuldade com um, imagine com vários.

Já o professor C, menciona que quando o professor sente a dificuldade, ele para a aula e faz um resgate pontual daquele assunto que eles precisam. Se o aluno nunca viu a o assunto na vida fica difícil, mas se for só para recordar, funciona e o professor pode seguir com a matéria.

O professor D, afirma que as gurizadas novas das engenharias, não são de questionar, eles vem de um padrão, e você tem que seguir esse padrão. Já os adultos, vêm de uma escola que só copiava (tradicional), quando você os põe para produzir, eles esperneiam, eles querem que você volte para o padrão tradicional, eles querem as coisas prontas. Eles precisam ser convencidos a aprender a aprender.

Para os professores dar aula é cumprir um ritual que a escola pratica ao longo de uma história.

4. 3. 3 A avaliação da disciplina de Cálculo segundo os professores

O professor A, comenta que um dos modos de avaliar é através de atividades rotineiras desde o primeiro dia de aula, gerando assim a cultura de comprometimento e envolvimento. *Eu chego passo um exercício e digo que é sua tarefa, na aula seguinte, eu chego com minha agenda, e anoto quem não fez a tarefa. Os alunos perguntam o que o prof. vai fazer com a lista, e eu digo que vou falar para o diretor e verificar se vai haver reincidência. No final, se o aluno reprovar, ele vai saber porque, vai lembrar o não comprometimento dele, para com a matéria.* Nota-se que este professor reforça sua concepção de aprendizagem que necessita de disciplina e comprometimento confirmando essa coerência na avaliação que pratica.

O professor B aplica três provas, *sendo uma substitutiva e duas do programa, aí trocamos a nota ruim pela substitutiva.*

Os professores C e D afirmaram que aplicam provas que estão nos planos de curso.

O tema de avaliação parece ser menos atraente para os entrevistados, fator que dificulta a melhor compreensão do que realmente eles pensam em relação ao desempenho do aluno na disciplina em questão.

4. 3. 4 O apoio pedagógico aos alunos com dificuldades em Cálculo

As soluções para a superação das dificuldades dos alunos expressam-se de diferentes formas nas entrevistas com os professores. O professor A não acredita que um curso de matemática básica seja a solução para resolver a falta de base dos alunos. Para ele, *“a questão reside na disciplina e no comprometimento”* dos alunos. O professor lembra que *já tivemos na PUC ano passado um programa de nivelamento para os alunos. Os alunos foram convidados para assistir aula de matemática básica, eles não vieram. Não houve repercussão e foi suspenso (...) vinham os alunos que não precisavam vir, que já estavam comprometidos. Vinham tirar uma dúvida ou outra em logaritmo, por exemplo, mas nas aulas tiravam 10 ou 9.* Insistindo sempre na disciplina como fator fundamental para o aluno aprender, o professor A observa que *Matemática é uma coisa que se aprende pensando e exercitando.* Para ele, *a primeira coisa que o professor deve fazer é criar o envolvimento (do aluno) desde o primeiro dia de aula.* Cobrar o compromisso do aluno parece ser a principal ferramenta usada pelo professor para que o aluno obtenha sucesso na disciplina. O professor A afirma que *no final, se o aluno reprovar, ele vai saber o porque, vai lembrar o não comprometimento dele, para com a matéria. Ai, o aluno acaba percebendo que existe uma seriedade, existe um projeto ali. Tem muito dinheiro em jogo, os pais se privam de viagens, ou bens para pagar a faculdade. A disciplina é o primeiro passo.* Outra forma de apoio implícita na entrevista do professor A é estimular a conscientização do aluno através de exemplos. Sobre o exemplificar sempre, o professor diz: *Certa vez um aluno em que o pai era engenheiro me disse que na profissão não precisava usar aquilo que estava no quadro. Respondi que não precisaria usar se fosse lidar diretamente com*

o equipamento, já está tudo pronto. Mas se quiser ser um engenheiro e quiser fazer pesquisa na área de engenharia, você vai precisar dessas coisas. (...) O professor deve fazer com que o aluno relembre os conceitos, e até de outras matérias, através de exemplos. Será que o aluno, desta e de outra universidade, que esta, por exemplo, tendo probabilidade estatística, tem noção da importância da estatística? Para o professor A, *faltam exemplos práticos*, ou seja, o maior apoio pedagógico é durante as aulas com a contextualização dos conteúdos.

Ao contrário do professor A, o professor B o principal apoio parece ser dado pelas aulas de reforço, mas também considera que um ensino contextualizado pode ajudar o aluno a aprender. *Apresentar a epistemologia de alguns assuntos para que os alunos vissem de maneira diferente o que é um seno, um cosseno, ... de onde e porque é muito importante.* Outra forma de apoio presente em sua fala é ensinar o aluno a utilizar o livro didático. Ele diz que *quase a totalidade dos alunos não sabe utilizar um livro. Estão bitolados com apostilas. Eu recomendo um livro para o meu curso, mas não é para seguir a aula com ele, seqüencialmente, é para estudar em casa e fazer os exercícios.* Em relação à tecnologia, o professor observa que *ela pode ajudar para lembrar. Para recuperar a base, eu acho que ela não funciona. O Maple é ótimo para visualizar. Para o resgate e formação do conteúdo, o aluno precisa de outro tipo de intervenção.*

Para o professor C que acredita que o aluno tem condições de recuperar e resgatar os conhecimentos que precisarão para cursar matérias de Cálculo, Física e Geometria, desde que tenha força de vontade para aprender, *a tecnologia ajuda para quem tem interesse, que não tem interesse não ajuda.* Também enfatiza, em sua fala, a deficiência de conhecimentos dos alunos que cursam a disciplina de

Cálculo I, sua imaturidade e irresponsabilidade para com os estudos. Para este professor os *cursos de nivelamento e de recuperação da matemática básica não funcionam. Alega que quando o professor sente a dificuldade, ele para a aula e faz um resgate pontual daquele assunto que eles precisam.* Afirma que os alunos *quando ficam em dependência e resolvem estudar passam sem problemas.*

Há, entretanto, na fala desse professor, um conformismo em relação ao desempenho do aluno que parece justificar o silêncio em relação às intervenções docentes para os alunos em dificuldades: *Eu acho que hoje é como sempre foi: tem aluno que é muito bom, aluno regular, fraco, ruim, como sempre existiu. Sempre foi assim. Alunos esforçados se sobressaem e vão sobressair-se como profissionais. Sempre foi assim.*

O grande desafio para o professor C é trabalhar com alunos jovens, sem força de vontade para estudar. *A gurizada da Engenharia Mecânica, eles não são de questionar, eles vem de um padrão e você tem que seguir este padrão. Só às vezes não rende como você gostaria que rendesse.*

O aluno adulto, mesmo apresentando sérias deficiências de conteúdos básicos, é um *aluno que sabe procurar um livro na biblioteca, se articulam em achar o material. Eles conseguem elaborar, discutir e chegar a um resultado. (...) O pessoal adulto vem de uma escola que só copiava (tradicional), quando você os põe para produzir, eles esperneiam, ele quer que você volte ao padrão tradicional. Eles precisam ser convencidos a aprender a aprender.*

As entrevistas sugerem que as formas tradicionais de reforço não têm contribuído para o bom desempenho do aluno. As práticas de apoio apontadas incidem no trabalho contínuo do professor como mediador do conhecimento, muito

mais em nível de conscientização, do que em soluções didáticas para trabalhar a disciplina de forma mais contextualizada e significativa para o aluno, envolvendo-o em tarefas criativas e de pesquisas propícias à produção e não à reprodução de conhecimentos.

4. 3. 5 Discussão dos dados

A análise desse estudo possibilitou-nos mostrar alguns problemas relacionados ao insucesso do ensino-aprendizagem de Cálculo nos cursos de Engenharias. Tanto alunos como professores, plano de curso e disciplina de Cálculo, deixam evidente que o ensino de Cálculo Diferencial e Integral considera a metodologia um fator fundamental para a aprendizagem. Como se encontra no plano de curso, onde a metodologia, enquanto um dos fatores da aprendizagem, caracterizando-se como uma metodologia tradicional, nos depoimentos dos alunos, encontramos argumentos de que a disciplina se apresenta, tal como as avaliações, de modo pronto, acabado, contendo muita memorização e abstração. Embora essa mesma metodologia seja a preferida da maioria dos alunos, como mostramos anteriormente, essa afirmação junto com a fala dos professores - quando interrogados - de que os alunos são imaturos e descompromissados, revela forte característica de uma abordagem tradicional. Isso sugere a necessidade de criação de estímulos por parte dos professores que lecionam a referida disciplina.

Se fizermos o percurso histórico da disciplina, talvez essa metodologia se mostre com algumas características do ensino militar, onde o rigor e formalismo na realização das tarefas acabam sendo incorporados pelo professor, não só nas metodologias como também na apresentação dos conteúdos e na avaliação.

Na questão da avaliação, os dados revelam as dificuldades dos entrevistados (professores) em confirmar o que o plano de curso evidencia sobre uma avaliação mais contínua e participativa tanto nos momentos orais quanto escritos. Isso justifica-se no fato dos professores argumentarem a falta de uma formação básica

dos alunos, gerando assim dificuldades na aprendizagem, bem como nas avaliações. Embora o pouco tempo para realização das provas seja apontado como outro obstáculo para o sucesso na disciplina, os alunos também comentam que a dificuldade de memorização das fórmulas de derivadas e integrais são enormes, e que nas provas não podem consultá-las. Embora o plano de curso estabeleça uma avaliação mais continua, através de provas escritas e orais, não fica claro, nos depoimentos docentes, em que momentos essas modalidades de avaliação acontecem. Somente um professor parece tentar estabelecer um acompanhamento mais próximo do aluno, ao observar suas atividades. A falta de coerência entre o previsto e o executado no âmbito da disciplina investigada sugere a existência de obstáculos didáticos que provavelmente interferem no êxito da aprendizagem.

Se historicamente o Cálculo surgiu pela própria necessidade humana de compreender os fenômenos físicos e de aplicá-los a situações concretas, ao transformar-se em saber escolar, vai se afastando desse objetivo, justificando o cuidado que se deve tomar com a transposição didática desse conhecimento. Talvez esse fator seja o responsável pelo modo que o Cálculo é apresentado nos cursos mencionados, quando os alunos afirmam de modo contraditório a sua aplicabilidade.

Nesse aspecto, Cury (2001) observa que as aplicações dos conteúdos, quando são mencionados em curso de Cálculo, por exemplo, só acontecem no início das aulas, para “motivar” os alunos de uma determinada área.

Outro aspecto interessante a ser levantado no plano de curso, é que se apresenta no item 5, ou seja, a metodologia (ANEXO 3), onde refere-se aos procedimentos do professor. Neste item é citada a utilização de recursos computacionais, tais como software Maple e Matlab como facilitadores da

aprendizagem. Embora não percebamos na entrevista com os professores e nos questionários com os alunos - quando poderiam ter sugerido como pontos positivos da disciplina – em que momento isso acontece. Esse fato leva-nos a entender e compreender o motivo pelo qual o aluno, muito sutilmente, comenta sobre a metodologia, aplicada nas aulas de Cálculo, quando afirma ser cansativa. Isto se confirma na afirmação do professor B, em não acreditar na tecnologia para melhorar o ensino de CDI.

Fica evidente que a avaliação formativa, onde professor assume a função de orientador e aprendiz, acompanhando a aprendizagem durante o processo, adotando metodologias, conforme o plano de curso recomenda, para uma formação mais crítica, autônoma e cidadã, está distante da prática docente. A busca de diversas ações educativas, que não separe teoria e prática, como mostramos anteriormente na relação do Cálculo e sua aprendizagem, concebendo uma nova abordagem didática de modo a facilitar ou complementar a aprendizagem, melhorando o perfil do aluno para que ele busque a autonomia de modo mais constante e criativo, gerará certamente uma nova postura do professor de Cálculo, que ainda nos parece resistentes as novas concepções educacionais.

O que fizemos aqui foi introduzir uma discussão que explora a problemática das dificuldades encontradas na disciplina de Cálculo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que evidenciam os dados levantados pelos questionários aplicados aos alunos é que o ensino de Cálculo I é bastante tradicional: ênfase na repetição de exercícios, predominância de estudo individual e preferência dos alunos por aulas expositivas. A principal dificuldade apresentada pelos alunos é a memorização de fórmulas, provas com questões extensas e difíceis, incompreensão dos métodos de resolução dos exercícios. Os alunos têm consciência das contribuições da disciplina para o desenvolvimento do raciocínio lógico matemático, porém não conseguem perceber a utilização prática da mesma.

Para os professores, as causas de insucesso do aluno estão prioritariamente centradas no próprio aluno que vem imaturo e com deficiência de conhecimentos para a universidade. A maioria das falas revela a dificuldade do professor universitário de mudar o quadro da reprovação diante das falhas do ensino fundamental e médio. Percebe-se também, apesar de pequena, a preocupação com um ensino mais contextualizado, o que desloca os determinantes do insucesso do aluno para o sistema didático, fator abordado de forma incipiente nas entrevistas. Quanto à avaliação, esta parece ser um grande obstáculo para os professores dadas as mínimas informações fornecidas pelos dados obtidos.

O cenário trazido pela pesquisa mostra que os problemas do Cálculo I na PUCPR parecem não serem diferentes dos apresentados por outras pesquisas, em relação ao conservadorismo do ensino e a impotência da universidade em reverter o quadro do fracasso escolar. Entretanto, um dado que surpreende na pesquisa são as concepções de ensino e aprendizagem que permeiam o discurso docente, onde a

matemática é concebida como um acúmulo de conhecimentos sistematicamente hierarquizados. Isto contradiz o proposto no plano de ensino quando o mesmo aponta a matemática como uma ciência em construção, destacando a autonomia do sujeito que aprende. Neste sentido, os dados revelam que o sistema didático na qual a disciplina está ancorada é um fator determinante para o insucesso do aluno na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, não o único, mas um fator relevante a ser considerado para a obtenção do êxito escolar.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Alda Judith. "O planejamento de pesquisas qualitativas em educação". In. **Cadernos de Pesquisa**. No. 77, Maio, 1991, pp.53-61.
- ALVES, Nilda. **Formação de Professores: Pensar e fazer**. São Paulo: Cortez, 1995.
- ANDRÉ, Marli E. D. **Etnografia da Prática Escolar**. Campinas: Papirus, 1995.
- ASTOLFI, J.; DELEVAY, M. **A didática das Ciências**. Campinas: Papirus, 1999.
- BARBOSA, M. A. **O computador e a Matemática como instrumentos multidisciplinares**. Curitiba, 2001. 49p. Monografia (Especialização em Educação Matemática) – Curso de Pós-Graduação em educação Matemática em Sala de Aula Virtual, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2001.
- BEHRENS, M.A. **O Paradigma emergente e a pratica pedagógica**. Curitiba: Champnat, 1999.
- _____. **A prática pedagógica do professores universitários: perspectivas e desafios frente ao novo século**. São Paulo: PUCSP, 1995.
- BOGDAN, R. & BIKLEN, S. A. **Pesquisa qualitativa em educação**. Porto, Porto Editora, 1994.
- Diretrizes para o ensino de graduação: **o projeto pedagógico da Pontifícia Universidade Católica do Paraná**.- Curitiba: Champagnat, 2000.
- BONNIOL, Jean-jacques. **Modelos de avaliação: textos fundamentais com comentários**/Jean Jacques Bornniol e Michel Vial; Trad. Cláudia Schilling – Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- BRITO, Arlete de Jesus, CARDOSO, Virgínia C. **Uma abordagem histórica-pedagógica dos fundamentos do Cálculo Diferencial: reflexões metodológicas**. Zetetiké. Campinas, SP, v.5, n. 7, p. 129-144, jan./jun. 1997.
- CATAPANI, Elaine C. **Cálculo em serviço: um estudo exploratório**.BOLEMA, Unesp, SP, ano 14, nº16. p.48-62, 1º semestre 2001.
- CHEVALLARD, Yves; BOSCH, M.; GASCÓN, Josep. **Estudar Matemáticas**. O elo perdido entre o ensino e a aprendizagem; trad. Daisy Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artemed, 2001.
- CURY, Helena N. BAZZO, Walter A. **Formação crítica em matemática: uma questão curricular?** BOLEMA, Unesp, SP, ano 14, nº16. p.29-47, 1º semestre 2001.

Educação: um tesouro a descobrir.- 3. ed.- São Paulo: Cortez; Brasília, DF: MEC;UNESCO, 1999. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre educação para o século XXI.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática: da teoria à prática.** 4. ed. Campinas: Papirus, 1998.

_____. **Da realidade à ação: reflexões sobre educação e matemática.** São Paulo: Summus; Campinas: Ed. da Universidade Estadual de Campinas, 1986.

ESTEBAN, Maria Tereza. **A avaliação no processo ensino/aprendizagem:** os desafios postos pelas múltiplas faces do cotidiano. Revista Brasileira de Educação. ANPED/Editora Autores Associados. São Paulo, 19, 2002. P.129 – 137.

GRATTAN-GUINNES, Ivor. **What was and what should be the calculus.** Trad. Frederico da Silva Reis.Zetetiké. Campinas, SP, v.5, n. 7, p. 69 - 94, jan./jun. 1997.

GEERTZ, Clifford. **A interpretação das culturas: uma descrição densa – por uma teoria da cultura.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1989.

HAYDT, Regina Cazaux. **Avaliação do processo ensino-aprendizagem.** São Paulo, Ática, 1988.

HADJI, Charles. **Avaliação desmistificada.** Porto Alegre: Artemed, 2001.

HOFFMANN, Jussara. **Avaliação mediadora; uma prática em construção – da pré-escola à universidade.** 4 ed. Porto Alegre, Educação e realidade, 1994.

ISKANDAR, Jamil I. **Normas da ABNT comentadas para trabalhos científicos.** Curitiba: Champagnat, 2000. p.101.

LIBÂNEO, José Carlos: **Adeus professor, adeus professora?** Novas exigências educacionais e profissão docente. São Paulo, Cortez, 2000 – Coleção questões da nossa época, (v67)p.103.

LUDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. **A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

LUDKE, M. **A pesquisa qualitativa e o estudo da escola.** In: **Cadernos de Pesquisa**, no. 49. Maio, 1984, pp.43-44.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudo e proposições.**-3 ed. –São Paulo: Cortez, 1996.

MIORIN, Maria A. **Introdução à historia da educação matemática.** São Paulo: Atual, 1998.

MIZUKAMI, Maria da Graça. **Ensino: as abordagens do processo.** São Paulo: EPU, 1986.

PACHECO, Yara M. **A educação para a sociedade do conhecimento: novas realidades, novas exigências.** Curitiba, 2000. 139 p. Dissertação de Mestrado em Educação. Centro de Teologia e Ciências Humanas – Mestrado em Educação, Pontifícia universidade Católica do Paraná.

PAIS, Luiz Carlos. **Didática da Matemática;** uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

PERRENOUD, Philippe. **Pedagogia diferenciada: das interações à ação/**Philippe Perrenoud; trad. Patrícia Chittoni Ramos. – Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PINOTTI, Eloisa Ramos. **a formação pedagógica do professor de matemática:** Contribuições para um programa competente a partir do caso PUCPR. Curitiba, 1999. 85 p. Dissertação de Mestrado em Educação. Centro de Teologia e Ciências Humanas – Mestrado em Educação, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

ROMÃO, José Estácio. **Avaliação dialógica: desafios e perspectivas.** 3 ed. – São Paulo: Cortez: Instituto Paulo Freire, 2001. – (Guia da escola cidadã; v. 2)

SILVA, Clovis Pereira. **A Matemática no Brasil:** uma história de seu desenvolvimento. Curitiba: Ed.da UFPR, 1992.241p.

SOUZA, Clarilza Prado de (org.). **Avaliação do rendimento escolar.** 2 ed. Campinas, Papirus, 1993.

SOUZA JUNIOR, Arlindo J. **Trabalho coletivo na universidade:** trajetória de um grupo no processo de ensinar e aprender cálculo diferencial e integral. Campinas, 2000. 321 p. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas.

VALENTE Wagner Rodrigues. **Uma história da matemática escolar no Brasil.** São Paulo, Annablume: FAPESP, 1999, p. 214.

VIEIRA Leociléa Aparecida. **Projeto de pesquisa e monografia: o que é? Como se faz ?:** Normas da ABNT/Leociléa Aparecida Vieira. 2. ed. ver.-Curitiba: Ed. do Autor, 2003.

WACHOVICZ, Lílian.Anna e ROMANOWSKI,Joana Paulin. **Avaliação:** que realidade é essa? Avaliação. Revista da Rede

_____.**A dialética da avaliação da aprendizagem, na Pedagogia Diferenciada.** N: CASTANHO, Maria Eugênia (orgs). O que há de novo na Educação Superior. Campinas: Papirus, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1

Roteiro para entrevista dos professores

1. A que você atribui o insucesso dos alunos na disciplina de Cálculo Diferencial Integral I em 2001 no curso de?
2. Como eram as aulas de Cálculo para aquela turma?
3. Como era feita a avaliação dos alunos? Provas, trabalhos em grupos, trabalhos individuais? Qual o peso de cada atividade? Onde o aluno apresentava melhores resultados?
4. Como era a avaliação diagnóstica que você realizava com os alunos?
5. Como eram as modalidades de avaliação somativa utilizadas naquela turma?
6. Que alterações eram feitas no processo pedagógico para atender os alunos que não acompanhavam a disciplina?

ANEXO 2

Questionário do aluno

O objetivo deste questionário é conhecer as características da aprendizagem dos alunos de _____ da PUCPR. Os dados levantados, após analisados, farão parte da pesquisa que está sendo desenvolvida junto ao curso de mestrado em Educação intitulada: "O insucesso no ensino e aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral". Contando com sua colaboração, solicitamos o preenchimento do mesmo e agradecemos antecipadamente sua valiosa contribuição.

Ano-base:2001/2002/2003

Curso: _____

Período: _____

1. Fora das atividades regulares de aula na Universidade qual o número de horas diárias que você dedica aos estudos na disciplina de Cálculo?
2. No seu processo de estudo as ações principais que pratica são:
 - ☐ ler, sublinhar textos
 - ☐ resolver exercícios
 - ☐ resolver problemas
 - ☐ outra(especifique
3. Para reter a matéria de estudo você:
 - ☐ lê com atenção uma só vez
 - ☐ lê varias vezes as definições e explicações
 - ☐ faz consulta em outros materiais
 - ☐ faz resumo do que leu
4. Dentre os materiais usados o mais utilizado é:
 - ☐ livros diversos
 - ☐ apostila
 - ☐ registro dos cadernos
 - ☐ resumos feitos por colegas
 - ☐ Internet
5. A maioria de suas atividades de estudo são realizadas
 - ☐ individualmente
 - ☐ em grupo
6. Onde você estuda melhor?
 - ☐ em casa
 - ☐ na Universidade

7. Você sabe que aprendeu quando:

- ☐ se sai bem nas provas
- ☐ quando é aprovado no Programa de Aprendizagem
- ☐ quando consegue acompanhar o que o professor ou colegas estão discutindo
- ☐ quando consegue devolver questões ao professor ou colegas
- ☐ quando estabelece relação entre a teoria e a prática
- ☐ quando consegue fazer relação entre os diferentes Programas de Aprendizagem

8. Você aprende mais:

- ☐ nas aulas expositivas tradicionais
- ☐ nas aulas expositivas dialogadas
- ☐ em atividades de pesquisa
- ☐ em trabalhos em grupo
- ☐ nas aulas práticas

9. Você costuma buscar outras fontes de estudo além das indicadas pelo professor?

- ☐ sempre
- ☐ nunca
- ☐ algumas vezes

10. Quais dificuldades você encontra na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral?

a. em relação ao conteúdo (matéria)?

b. em relação à avaliação?

11. Se tivesse que fazer três apontamentos positivos e três negativos da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, quais seriam?

ANEXO 3

PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
COORDENAÇÃO GERAL DE CURSOS DE GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE APRENDIZAGEM

1. IDENTIFICAÇÃO

- 1. Campus:** Curitiba
- 2. Centro:** CCET
- 3. Curso:** Engenharias, Ciência da Computação, Química Industrial e Licenciatura em Matemática
- 4. Habilitação:** Engenheiro Químico
- 5. Programa de Aprendizagem(PA):** Cálculo Diferencial e Integral II
- 6. Ano Letivo:** 2 001 **Período:** 2º **Semestre:** 2º
- 7. Carga Horária Total:** 72 **N.º de créditos:** 04
- 8. Carga Horária Semanal:** 04 horas
Aulas Teóricas: 04 **Aulas Práticas:** 0
- 9. Disciplina ou grupo de disciplinas que originou o PA:** Cálculo Diferencial e Integral II

2. APTIDÕES COMPETÊNCIAS/HABILIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS PELOS ALUNOS:

- Identificar os conceitos matemáticos envolvidos em situações problema.
- Articular conceitos matemáticos com tópicos inerentes aos cursos ,
- Estabelecer relações entre situações pertinentes à prática profissional e modelos matemáticos que envolvam cálculo diferencial e integral.
- Expressar-se utilizando termos da Matemática adequados.
- Empregar tópicos do Cálculo Diferencial e Integral na interpretação de conceitos de outros programas de aprendizagem .
- Identificar situações que envolvem conceitos de integral indefinida , definida e impróprias .
- Realizar operações que envolvam técnicas de integração

3. EMENTA:

Integral indefinida. Técnicas de integração. Integral definida. Aplicações da integral definida. Integrais impróprias.

4. TEMAS DE ESTUDO:

1 – **Integral indefinida:** Definição de função primitiva. A integral indefinida. Interpretação geométrica. Integrais imediatas.

2 – **Técnicas de integração:** Integração por substituição de variável. Integração por partes. Integração por decomposição em frações parciais. Integração de funções trigonométricas: potências, arcos distintos e racionais em seno e cosseno. Integração de funções irracionais: substituição comum, substituição trigonométrica e de Euler. Integrais binômias.

3 – **Integral definida:** Somas inferiores e superiores. Definição da integral definida. Fórmula para o cálculo. Função definida por integral definida. Propriedades. Teorema fundamental. Cálculo de integrais definidas.

4 – **Aplicações da integral definida:** Cálculo de áreas planas. Cálculo de volume de sólidos de revolução. Comprimento de arco de uma curva plana. Cálculo de áreas e comprimento de arcos de funções dadas na forma paramétrica e em coordenadas polares. Área da superfície de revolução .Momentos. Centro de gravidade. Trajetória percorrida por um ponto. Trabalho. Energia cinética. Pressão de fluidos.

5 – **Integrais impróprias:** Definição de integral imprópria de 1ª, 2ª e 3ª espécie. Critérios de convergência. Definição da função Beta. Fórmulas de recorrência. Definição da função Gama. Relações entre as funções Beta e Gama. Integrais Eulerianas: redutíveis às funções Beta e Gama.

5. METODOLOGIA:

O objetivo é a aprendizagem, o aluno é o sujeito do processo e o professor o mediador. O elemento que irá instigar os alunos a buscarem o conhecimento nas fontes de saber sistematizado e nas relações sociais para uma posterior produção de conhecimentos. Com essa metodologia pretende-se formar um aluno crítico, um cidadão cristão, comprometido com o bem-estar da sociedade, gerador de autonomia e mudanças sociais.

a. Procedimentos do Professor :

- As aulas serão dialogadas com utilização de dinâmicas adequadas ao conteúdo e ao momento pedagógico. Utilização de recursos computacionais, tais como o uso de softwares matemáticos MAPLE e MATLAB como facilitador do processo de aprendizagem.

b. Atividades dos alunos:

- Resolução de listas de exercícios e trabalhos individuais e em equipes.
- Pesquisa bibliográfica com utilização da INTERNET
- Apresentação de trabalhos
- Sistematização da teoria a partir da análise crítica de obras da Biblioteca Central

c. Recursos e Materiais :

Serão utilizados livros, materiais de apoio, internet e todos os elementos disponíveis, desenvolvidos pela tecnologia até o momento.

6. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO:

Será feita uma avaliação continuada e participativa não somente do desempenho do aluno mas do processo como um todo. As avaliações diagnóstica ou somativa servirão para determinar novos rumos a serem tomados a partir dos resultados. Alguns instrumentos a serem utilizados são as provas escritas, trabalhos escritos, apresentação, arguições e outros meios adequados ao momento pedagógico.

7. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

GUIDORIZZI, Hamilton Luiz. **Um curso de cálculo**. Rio de Janeiro. LTC, 1995.
 IEZZI, Gelson e outros. **Fundamentos de matemática elementar**. São
 Paulo, 1993.

MACHADO, Antonio dos Santos. Matemática : temas e metas .São Paulo.Atual,1998

Penney & Edwards Cálculo com geometria analítica. Rio de Janeiro: Prentice Hall , 1997 / vol 1, 2 e 3

SWOKOSKI, Earl W. Cálculo com geometria analítica. 2ª ed. São Paulo .Makron Books 1994

ANTON. Howard Cálculo , um novo horizonte. Vol1. (6.ªed.) . Ed. Bookman, 2000

ANEXO 4

CAMPUS CURITIBA

ENGENHARIA MECATRÔNICA - Noite

PERÍODO: 1.º

TURMA: A

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Física I	42	9	21%	10	17	27	65%	6	14%
Técnicas de Programação I	46	10	22%	7	6	13	28%	23	50%
Desenho Técnico	41	9	22%	21	3	24	58%	8	20%
Geometria Analítica	41	10	24%	5	6	11	27%	20	49%
Cálculo Diferencial e Integral I	40	9	23%	4	6	10	24%	21	53%
Ferramentas para Engenharia Mecatrônica I	43	10	23%	18	7	25	58%	8	19%

ENGENHARIA MECATRÔNICA - Noite

PERÍODO: 1.º

TURMA: B

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Física I	48	7	15%	13	18	31	64%	10	21%
Técnicas de Programação I	67	10	15%	11	13	24	36%	33	49%
Desenho Técnico	45	7	16%	31	2	33	73%	5	11%
Geometria Analítica	64	8	13%	8	13	21	32%	35	55%
Cálculo Diferencial e Integral I	64	9	14%	12	11	23	36%	32	50%
Ferramentas para Engenharia Mecatrônica I	49	7	14%	11	14	25	51%	17	35%

ENGENHARIA MECATRÔNICA - Noite

PERÍODO: 1.º

TURMA: DEPENDENTES

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Física I	1	-	-	1	-	1	100%	1	100%
Técnicas de Programação I	1	-	-	-	-	-	-	1	100%
Desenho Técnico	1	-	-	-	-	-	-	1	100%
Geometria Analítica	4	1	25%	1	2	3	75%	-	-
Cálculo Diferencial e Integral I	4	1	25%	2	1	3	75%	-	-
Ferramentas para Engenharia Mecatrônica I	2	-	-	1	-	1	50%	1	50%

CAMPUS CURITIBA**ENGENHARIA QUÍMICA - Noite****PERÍODO: 1.º****TURMA: U****Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001**

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Cálculo Diferencial e Integral	16	4	25%	2	5	7	44%	5	31%
Química Geral e Inorgânica I	16	4	25%	8	-	8	50%	4	25%
Física Geral e Experimental I	16	4	25%	5	4	9	56%	3	19%
Geometria Analítica	18	4	22%	4	6	10	56%	4	22%
Estatística	17	4	24%	4	3	7	41%	6	35%
Introdução à Engenharia Química I	17	4	24%	6	2	8	47%	5	29%

ENGENHARIA QUÍMICA - Noite**PERÍODO: 3.º****TURMA: DEPENDENTES****Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001**

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Geometria Analítica	1	-	-	1	-	1	100%	-	-
Cálculo Diferencial e Integral II	1	-	-	1	-	1	100%	-	-
Álgebra Linear	1	-	-	1	-	1	100%	-	-
Introdução à Engenharia Química II	2	-	-	2	-	2	100%	-	-
Química Geral e Inorgânica I	2	-	-	2	-	2	100%	-	-
Física Geral e Experimental I	2	-	-	2	-	2	100%	-	-
Processos do Conhecer	1	-	-	1	-	1	100%	-	-

CAMPUS CURITIBA

ENGENHARIA QUÍMICA - Noite

PERÍODO: 1.º

TURMA: U

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Cálculo Diferencial e Integral	16	4	25%	2	5	7	44%	5	31%
Química Geral e Inorgânica I	16	4	25%	8	-	8	50%	4	25%
Física Geral e Experimental I	16	4	25%	5	4	9	56%	3	19%
Geometria Analítica	18	4	22%	4	6	10	56%	4	22%
Estatística	17	4	24%	4	3	7	41%	6	35%
Introdução à Engenharia Química I	17	4	24%	6	2	8	47%	5	29%

ENGENHARIA QUÍMICA - Noite

PERÍODO: 3.º

TURMA: DEPENDENTES

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Geometria Analítica	1	-	-	1	-	1	100%	-	-
Cálculo Diferencial e Integral II	1	-	-	1	-	1	100%	-	-
Álgebra Linear	1	-	-	1	-	1	100%	-	-
Introdução à Engenharia Química II	2	-	-	2	-	2	100%	-	-
Química Geral e Inorgânica I	2	-	-	2	-	2	100%	-	-
Física Geral e Experimental I	2	-	-	2	-	2	100%	-	-
Processos do Conhecer	1	-	-	1	-	1	100%	-	-

CAMPUS CURITIBA**CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO****PERÍODO: 1.º****TURMA: A****Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001**

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Programação Imperativa	26	5	19%	16	1	17	65%	4	14%
Técnicas de Programação	28	6	21%	14	3	17	61%	5	18%
Cálculo Diferencial e Integral	32	6	29%	11	7	18	56%	8	25%
Álgebra Linear e Geometria Analítica	30	6	20%	7	9	16	53%	8	27%
Iniciação à Ciência da Computação	26	4	15%	19	1	20	77%	2	8%
Física e Eletricidade	30	6	20%	13	4	17	57%	7	23%

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**PERÍODO: 1.º****TURMA: B****Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001**

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Programação Imperativa	30	7	23%	13	-	13	44%	10	33%
Técnicas de Programação	31	7	23%	12	1	13	42%	11	35%
Cálculo Diferencial e Integral	38	8	21%	13	8	21	55%	9	24%
Álgebra Linear e Geometria Analítica	36	9	25%	7	3	10	28%	17	47%
Iniciação à Ciência da Computação	27	4	15%	16	3	19	70%	4	15%
Física e Eletricidade	36	8	22%	14	5	19	53%	9	25%

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**PERÍODO: 1.º****TURMA: C****Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001**

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
		Nº	%	POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
						Nº	%	Nº	%
Programação Imperativa	36	3	8%	7	12	19	53%	14	39%
Técnicas de Programação	35	3	9%	11	8	19	54%	13	37%
Cálculo Diferencial e Integral	36	4	12%	8	8	16	44%	16	44%
Álgebra Linear e Geometria Analítica	44	4	9%	12	7	19	43%	21	48%
Iniciação à Ciência da Computação	29	3	10%	11	5	16	55%	10	35%
Física e Eletricidade	35	4	12%	7	5	12	34%	19	54%

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**PERÍODO: 1.º****TURMA: DEPENDENTES****Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001**

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI-	AFASTADOS	APROVADOS	REPROVADOS
	CULADOS			

CAMPUS CURITIBA

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

PERÍODO: 1.º

TURMA: A

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
				POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
		Nº	%			Nº	%	Nº	%
Técnicas de Programação I	36	3	8%	17	6	23	64%	10	28%
Cálculo I	44	6	14%	17	7	24	54%	14	32%
Física I	39	4	10%	19	7	26	67%	9	23%
Geometria Analítica	39	5	13%	19	3	22	56%	12	31%
Lógica Matemática I	34	3	9%	25	4	29	85%	2	6%
Desenho Técnico	29	2	7%	26	-	26	90%	1	3%

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

PERÍODO: 1.º

TURMA: B

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
				POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
		Nº	%			Nº	%	Nº	%
Técnicas de Programação I	37	7	19%	17	4	21	57%	9	24%
Cálculo I	40	9	23%	8	8	16	40%	15	37%
Física I	39	8	21%	15	4	19	49%	12	30%
Geometria Analítica	44	7	16%	15	7	22	50%	15	34%
Lógica Matemática I	37	7	19%	20	5	25	68%	5	13%
Desenho Técnico	31	6	19%	22	-	22	71%	3	10%

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

PERÍODO: 1.º

TURMA: C

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
				POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
		Nº	%			Nº	%	Nº	%
Técnicas de Programação I	36	3	8%	12	6	18	50%	15	42%
Cálculo I	41	4	10%	13	5	18	44%	19	36%
Física I	38	3	8%	14	5	19	50%	16	42%
Geometria Analítica	39	3	8%	8	7	15	38%	21	54%
Lógica Matemática I	33	3	9%	9	12	21	64%	9	27%
Desenho Técnico	33	2	6%	14	8	22	67%	9	27%

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

PERÍODO: 1.º

TURMA: D

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI-	AFASTADOS	APROVADOS	REPROVADOS
--------------------------	--------	-----------	-----------	------------

CAMPUS CURITIBA

ENGENHARIA MECATRÔNICA - Manhã

PERÍODO: 1.º

TURMA: U

Nº DE MATRICULADOS, Nº E PERCENTUAL DE AFASTADOS, APROVADOS E REPROVADOS, POR PROGRAMA DE APRENDIZAGEM - 2001

PROGRAMA DE APRENDIZAGEM	MATRI- CULADOS	AFASTADOS		APROVADOS				REPROVADOS	
				POR MÉDIA	APÓS FINAL	TOTAL		TOTAL	
		Nº	%			Nº	%	Nº	%
Física I	64	27	42%	12	14	26	41%	11	17%
Técnicas de Programação I	63	26	41%	12	12	24	38%	13	21%
Desenho Técnico	60	26	43%	28	1	29	49%	5	8%
Geometria Analítica	66	27	41%	7	8	15	23%	24	36%
Cálculo Diferencial e Integral I	65	27	42%	9	7	16	24%	22	34%
Ferramentas para Engenharia Mecatrônica I	63	26	41%	23	3	26	41%	11	18%
Matemática Discreta e Lógica Computacional	67	27	40%	23	6	29	44%	11	16%
Circuitos Sequenciais e Combinacionais	68	27	40%	23	5	28	41%	13	19%

[illegible][illegible]