

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA: GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E FORMAÇÃO

KATSUYOSHI KURATA

O ENSINO DE CÁLCULO PARA CURSOS SUPERIORES DE  
TECNOLOGIA NA ÁREA AMBIENTAL: ASPECTOS MOTIVACIONAIS  
DO ALUNO

SÃO PAULO  
Dezembro – 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

KATSUYOSHI KURATA

O ENSINO DE CÁLCULO PARA CURSOS SUPERIORES DE  
TECNOLOGIA NA ÁREA AMBIENTAL: ASPECTOS MOTIVACIONAIS  
DO ALUNO

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sonia Hatsue Tatumi.

SÃO PAULO

Dezembro – 2007

**KATSUYOSHI KURATA**

O ENSINO DE CÁLCULO PARA CURSOS SUPERIORES DE  
TECNOLOGIA NA ÁREA AMBIENTAL: ASPECTOS MOTIVACIONAIS  
DO ALUNO

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sonia Hatsue Tatumi

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Esméria Rovai

---

Prof. Dr. Mikiya Muramatsu

São Paulo, 11 de dezembro de 2007

## DEDICATÓRIA

*A Deus, nosso Pai, Criador de todo o Universo.*

*Aos meus antepassados, a minha eterna gratidão.*

*Aos meus pais Masuho Kurata (in memoriam) e Teruko Kurata, lavradores, que permitiram e incentivaram os estudos.*

*Aos meus filhos Patrícia Terumi, Priscila Harumi e Plínio Hideki, pelo carinho de sempre.*

## **AGRADECIMENTOS**

A todos os professores da Pós-Graduação do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza pelas contribuições para a realização desta investigação.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sonia Hatsue Tatumi pela sua orientação, sempre com paciência e carinho, pelas leituras críticas, apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mikiya Muramatsu que fez parte desta banca examinadora e que muito enriqueceu este trabalho com suas críticas e sugestões.

Ao Prof. Dr. Patrick Bernard Verdonck pela sua inestimável carta de recomendação.

À Prof<sup>a</sup>. Márcia Regina Sawaya pelas sugestões e assistência em Inglês, desde a prova de proficiência de Inglês instrumental, passando pela disciplina Inovação Produtiva e Competitividade Sistêmica até a correção precisa na elaboração do resumo em Inglês.

Aos colegas da Pós-Graduação pela amizade, colaboração e incentivo de sempre.

Aos funcionários da administração da Pós-Graduação pela eficiência, simpatia e pronto atendimento às nossas solicitações.

A meus colegas professores de ensino superior pelo apoio e incentivo, especialmente os de Cálculo, com quem me encontrei nesta longa caminhada profissional e se fizeram amigos e companheiros de ideal e de jornada.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Muito obrigado

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. ESMÉRIA ROVAI, que desde o início deste Programa de Pós-Graduação deu as linhas mestras deste trabalho com competência, paciência e boa vontade.

À disciplina Metodologia da Pesquisa e Desenvolvimento de Projeto, que proporcionou os primeiros caminhos para pesquisar e direcionar esta pesquisa, para que pudesse crescer dia a dia.

À disciplina Psicologia do Adulto, onde foi possível encontrar a teorização dos fundamentos da Psicologia cognitiva do desenvolvimento humano no presente trabalho.

Às orientações e correções para escrever os primeiros artigos, para participar nos eventos de pesquisa científica.

Às contribuições inestimáveis nos fundamentos teóricos desta investigação em diversos aspectos – incentivo, sugestão, revisão de textos – feitas de forma precisa, competente e carinhosa.

Novamente, o meu muito obrigado.

## RESUMO

KURATA, K. **O Ensino de Cálculo para Cursos Superiores de Tecnologia na Área Ambiental: Aspectos Motivacionais do Aluno**. 2007. 151f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2007.

Na maioria dos Cursos de Graduação em Tecnologia, o ensino de Cálculo Diferencial e Integral, ou simplesmente Cálculo, é uma atividade de ensino desenvolvida a partir do primeiro semestre. A predominância da visão mecanicista do ensino básico e as dificuldades de natureza epistemológica, na introdução dos primeiros conceitos abstratos, aliadas à forma tradicional de ensino praticada pela maioria dos docentes, na abordagem do conteúdo de Cálculo, têm, como conseqüência, o professor vivenciar total desconforto pela falta de motivação dos alunos para aprender a matéria. Fragilizam-se, assim, no decorrer do semestre, as possibilidades de um ambiente propício para a aprendizagem e, conseqüentemente, resultam em altos índices de evasão e retenção. Estas observações, e a ausência de uma abordagem interdisciplinar motivaram o presente estudo. Neste contexto, o objetivo principal foi identificar qual a forma de abordagem dos conteúdos da disciplina Cálculo que determina uma maior motivação ao aluno, para aprender esta disciplina no Curso Superior de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia de São Paulo. Para isso, a pesquisa foi direcionada, adaptando-se à Metodologia de Pesquisa de Romberg. Um projeto alternativo de ensino-aprendizagem de Cálculo foi criado com base na interdisciplinaridade, com a finalidade de ser um instrumental metodológico pertinente para os alunos integrarem teoria-prática e conteúdo-realidade. Os resultados revelaram que esta abordagem relacionada com as disciplinas específico-profissionalizantes é um fator determinante para a motivação dos alunos em aprender Cálculo e, por conseguinte, contribuir para minimizar os altos índices de evasão e retenção. Como conclusão, confirma-se a tese de que esta prática pedagógica na disciplina Cálculo, além de promover a motivação dos alunos para uma aprendizagem significativa, mantém o professor em contínua atualização e é, portanto, recomendada para outros cursos de graduação no ensino superior.

Palavras-chave: Ensino de Cálculo, Motivação, Interdisciplinaridade, Ambiental.

## ABSTRACT

KURATA, K. **O Ensino de Cálculo para Cursos Superiores de Tecnologia na Área Ambiental: Aspectos Motivacionais do Aluno**. 2007. 151f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2007.

In most Technology Graduation Courses the teaching of Differential and Integral Calculus, or simply Calculus, is a teaching activity which is developed from the first school term. The predominance of the mechanistic view of the basic teaching and the difficulties of epistemological nature in the introduction of the primary abstract concepts, associated to the traditional way of teaching exercised by most graduation teachers in the Calculus content approach, lead the teacher to experience complete discomfort due to the students' lack of motivation to learn. Thus, in the run of the term, the possibilities of an environment suitable to learning become frail and, consequently, result in high dropout/failure rates. Such considerations plus the lack of an interdisciplinary approach motivated the development of this study. In this context, the main purpose of this study was to identify the type of Calculus content approach which determines a greater motivation to the student to learn Calculus in the Technology Graduation Course of Hydraulics and Environmental Sanitation at FATEC-SP – Faculdade de Tecnologia de São Paulo. For this purpose, this research was directed adapting to the Romberg Research Methodology. An alternative Calculus teaching-learning project was developed based on interdisciplinarity with the purpose of becoming a pertinent methodological approach for the students' motivation to integrate theory-practice and content-reality. The results revealed that such an approach related to the specific and job-oriented disciplines is a key factor for the students' motivation to learn Calculus and, therefore, to contribute to minimize the high dropout/failure rates. In conclusion, this study confirmed that this pedagogic practice in Calculus not only promotes the students' motivation for a significant learning, but also keeps the teacher continuously updated. It is, therefore, recommended to other courses in the higher education teaching.

Key words: Calculus Teaching, Motivation, Interdisciplinarity, Environmental.

## LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1** – Representação gráfica da porcentagem de evasão em relação ao número de alunos matriculados da TABELA 3 .....113
- GRÁFICO 2** – Representação gráfica da porcentagem de aprovados em relação ao número de alunos cursantes da TABELA 3 ..... 113
- GRÁFICO 3** – Representação gráfica da porcentagem de evasão/retenção em relação ao total de alunos matriculados em HSA da TABELA 4..... 114
- GRÁFICO 4** – Determinação gráfica da energia de ativação ..... 136

## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1** – Resultados da 1ª. preferência (1), da 2ª. preferência (2) e da 3ª. preferência (3) para PROCESSOS DE PRODUÇÃO e HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL no 1º. semestre de 2006 ..... 90
- QUADRO 2** – Resultados da 1ª. preferência (1), da 2ª. preferência (2) e da 3ª. preferência (3) para SOLDAGEM e HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL no 2º. semestre de 2006 ..... 92
- QUADRO 3** – Resultados da 1ª. preferência (1), da 2ª. preferência (2) e da 3ª. preferência (3) para EDIFÍCIOS e HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL no 1º. semestre de 2007 ..... 94
- QUADRO 4** – Porcentagem da 1ª. preferência para a abordagem IV nas modalidades: Processos de Produção – Soldagem – Edifícios..... 96
- QUADRO 5** – Porcentagem da 1ª. preferência para a abordagem IV na modalidade Hidráulica e Saneamento Ambiental ..... 96
- QUADRO 6** – Resultados da avaliação dada pelos alunos participantes após a nova abordagem adotada para o ensino da disciplina CÁLCULO .....115

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** – Resultados da avaliação diagnóstica em Matemática das questões propostas no 1º. semestre de 2006 .....85
- TABELA 2** – Índice de evasão/retenção em Cálculo do 2º. semestre de 2005 em oito modalidades dos cursos da FATEC-SP..... 88
- TABELA 3** – Estatística comparativa da porcentagem de aprovados e reprovados em relação aos alunos cursantes com a nova abordagem..... 113
- TABELA 4** – Porcentagem de índices de aprovação e de evasão/retenção em relação ao total de alunos matriculados com a nova abordagem.....114

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>Problema e Hipótese</b> .....	17
<b>Objetivo Geral</b> .....	18
<b>Metodologia da Pesquisa</b> .....	18
<b>Justificativas</b> .....	21
<b>1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	29
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	53
<b>2.1 A influência dos paradigmas</b> .....	53
<b>2.2 Evolução histórica do conceito de motivação</b> .....	56
<b>2.3 Natureza intrínseca da motivação</b> .....	58
<b>2.4 Motivação do aluno no contexto escolar</b> .....	61
<b>2.5 Aprendizagem dos adultos</b> .....	68
<b>2.6 Pensamento piagetiano para desenvolvimento e aprendizagem</b> .....	69
<b>2.7 O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky</b> .....	73
<b>2.8 A aprendizagem significativa de Ausubel</b> .....	75
<b>2.9 Interdisciplinaridade</b> .....	77
<b>2.10 Resumindo...</b> .....	81
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	83
<b>3.1 Cenário da pesquisa</b> .....	83
<b>3.2 Modelo Preliminar</b> .....	84
<b>3.3 Estratégias e Procedimentos</b> .....	88
<b>3.4 Criação do projeto</b> .....	100
<b>3.5 Aplicação do Projeto</b> .....	105
<b>3.6 Análise da execução do projeto durante o semestre</b> .....	107
<b>3.7 Análise dos resultados</b> .....	112
<b>CONCLUSÃO</b> .....	119
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	122
<b>APÊNDICE A - Avaliação diagnóstica em Matemática</b> .....	129
<b>APÊNDICE B - Bibliografia Básica e Complementar do Projeto</b> .....	132
<b>APÊNDICE C - Textos Problematizadores</b> .....	133
<b>APÊNDICE D - Primeira avaliação semestral</b> .....	140
<b>APÊNDICE E - Segunda avaliação semestral</b> .....	142
<b>APÊNDICE F - Terceira avaliação semestral (final)</b> .....	144

<b>APÊNDICE G - Avaliação substitutiva .....</b>	<b>145</b>
<b>APÊNDICE H - Questionário de avaliação do curso.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO 1 - Plano de Ensino-Aprendizagem vigente em 2007 .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO 2 - Perfil profissional do Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental.....</b>	<b>151</b>

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, trabalhos em Educação dos mais variados tipos encontrados em reportagens, artigos, obras escritas pelos estudiosos na área educacional, pesquisas e censos escolares apontaram para os altos índices de evasão e retenção nas escolas. Segundo Soares (2006), os problemas da educação no Brasil não são de hoje, e as principais causas, entre outras, são tristemente conhecidas: a equivocidade das políticas governamentais, a negligência, principalmente em relação à educação básica, o ensino de baixa qualidade e o descuido na capacitação didática dos docentes.

As conseqüências desse conjunto de problemas, quando os alunos concluem o ciclo básico, podem ser resumidas em uma constatação, ou seja, depois de oito anos do ensino fundamental e os três do ensino médio, os egressos lêem sofrivelmente e quase sem nenhuma habilidade algébrica e/ou domínio da linguagem matemática.

Gois (2007) destaca que, anualmente, milhões de jovens no Brasil comemoram o ingresso no ensino superior; no entanto, somente a metade dos alunos consegue se formar. As altas taxas de evasão no ensino superior não são diferentes dos ciclos anteriores, e o principal motivo não é econômico, mas a qualidade discutível do ensino. Na rede privada, a taxa de evasão é muito maior, ou seja, o dobro. Neste caso, é aceitável que a questão financeira seja a vilã da história. Mas, no ensino público, particularmente, nos Cursos Superiores de Graduação em Tecnologia oferecidos pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP) – mantida pelo Centro Paula Souza, com uma carga horária média de 2700 horas –, as razões podem ser outras: formação insuficiente dos alunos ingressantes, escolha não acertada da carreira, desestímulo com o curso, perda de estímulo pela falta de uma informação mais sólida do curso, baixa qualidade de ensino oferecido ou falta de bons docentes.

Na conjugação dos mais variados problemas que se observam nos três níveis de ensino – fundamental, médio e superior –, o presente estudo pretende focar especificamente o ensino de Cálculo sobre aspectos didático-pedagógicos e problemáticas referentes à situação em sala de aula e seus protagonistas, o professor e o aluno nos Cursos de Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de São Paulo.

Semestralmente, constata-se que a grande maioria dos ingressantes fez o ensino médio em escolas públicas. Por exemplo, dos 28165 inscritos no vestibular de junho de 2006, 20938 apresentaram esse perfil, ou seja, 74,3%, segundo a Comissão Permanente de Vestibular do Centro Paula Souza.

A disciplina Cálculo Diferencial e Integral, ou simplesmente Cálculo, é ministrada no primeiro semestre do curso para esses ingressantes, recém-egressos do ensino médio. Considerada como uma disciplina básica pelo seu caráter integrador para a aquisição e construção do conhecimento científico, introduz os primeiros conceitos abstratos como, por exemplo, a noção de *Limites*. Estes constituem para os alunos uma das primeiras dificuldades na forma de raciocinar para sua compreensão, mesmo levando em conta a sua evolução histórica e as motivações que levaram à gênese do assunto.

Por outro lado, com a predominância da forma tradicional praticada pela maioria dos professores de Cálculo, na abordagem dos conteúdos matemáticos, observam-se angústias e até revoltas por parte dos estudantes, por não conseguirem atingir a compreensão da essência do assunto. Esses docentes entendem que o formalismo é desejável e indispensável, para propiciar uma visão ampla, na articulação do conhecimento matemático aplicado à construção de uma cultura multidisciplinar. Não se nega em absoluto esta concepção. Entretanto, como foi destacado, um grande abismo separa o ensino médio e o ensino superior, nos dias de hoje, principalmente para os egressos do ensino médio público. Dessa forma, é sensata uma reflexão do docente sobre a preparação, apresentação, abordagem e o desenvolvimento dos conteúdos programáticos.

Nas últimas décadas até os dias de hoje, o que se observa no processo de ensino-aprendizagem em Cálculo é a preocupação dos docentes em transmitir os conhecimentos para dar cumprimento aos planos de ensino, sem tempo para pensarem em uma abordagem de ensino voltado para a compreensão. E, por outro lado, os alunos, apesar da carência de uma formação mais sólida para o acompanhamento da matéria, se manifestam, perguntando o porquê de aprenderem Cálculo e, ainda, para que aprenderem Cálculo na sua modalidade de curso.

Aliada a tudo isso, existe a cultura dos ciclos anteriores de que estudar é freqüentar a escola – os alunos não têm o hábito de estudar sistematicamente –, o rendimento qualitativo cai à medida que o tempo passa, provocando desinteresse e desmotivação para aprender Cálculo, e, conseqüentemente, altos índices de evasão

e retenção. Com base nos dados do segundo semestre de 2005, em algumas modalidades do ensino tecnológico da FATEC-SP, o índice de evasão e retenção atingiu mais de 75%. Na média, o índice de evasão é maior que o índice de retenção.

Segundo Rezende (2003), ao analisar o ensino de Cálculo com relação às dificuldades de natureza epistemológica, também são alarmantes os índices de não-aprovação tanto na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1990 a 1995) como também no Instituto de Matemática e Estatística da mesma universidade. Na Universidade Federal Fluminense, onde o citado autor ensina, os índices são mais catastróficos, variando de 45% a 95%. Essa situação de desconforto para os docentes de Cálculo, segundo o autor não é local e nem característica exclusiva das instituições apresentadas.

Os especialistas em Educação Matemática, entre outras, levantam questões como:

- Quais são os motivos de tanta evasão e retenção?
- Quais são as causas da falta de motivação para a aprendizagem?
- A falta de base é a principal causa do pífio desempenho dos alunos?
- A metodologia de ensino influencia os aspectos motivacionais do aluno?

E, assim, diversas questões são levantadas, e as respostas são polêmicas, com enfoques variados e não conclusivos.

Mais recentemente, diversos cursos superiores com ênfase na área ambiental foram criados, como o de Gestão e Desenvolvimento de Tecnologias Ambientais, o de Química Ambiental, o de Engenharia Ambiental, entre outros. O Curso Superior de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA) da FATEC-SP é um deles. O problema no ensino de Cálculo para esta modalidade, em especial, é constatado pelo baixo desempenho dos alunos, em função da distância real entre os *saberes escolares* (conteúdo) e a sua passagem à *prática*, e estes acabam sendo eliminados e com eles o ensino (MALGLAIVE, 1995, p.33), em favor de uma formação substancialmente teórica, à margem do contexto e do curso em que aqueles conceitos adquirem seu sentido funcional, como ferramentas úteis para compreender a realidade e planejar propostas de intervenção.

Em geral, a mesma aula que se dá para o curso de Soldagem ou Mecânica de Precisão, por exemplo, é também dada para Hidráulica e Saneamento Ambiental. É natural que os alunos da área ambiental queiram ver situações-problema na área

ambiental; os alunos de Soldagem, na tecnologia de soldagem, e os de Mecânica de Precisão, em aplicações mecânicas, e assim por diante.

A pesquisa da educadora Zagury (2006), que faz uma radiografia das principais dificuldades que os professores enfrentam no dia-a-dia, destrincha os motivos atribuídos por eles a cada um desses percalços e analisa, sob o ponto de vista das salas de aula, algumas das inovações curriculares, pedagógicas e metodológicas introduzidas nas escolas nos últimos anos. Apesar de sua pesquisa ter sido feita com professores do ensino fundamental e médio, seus resultados são válidos também na esfera do ensino superior. E uma das principais dificuldades que os professores identificam, entre as mais graves no desempenho de suas funções, é a de motivar os alunos de modo a manter o interesse pela matéria.

Mas como despertar o interesse em aprender Cálculo? Permeiar ao longo do semestre necessidades de interesse para o seu curso, usando uma abordagem multidisciplinar seria uma alternativa. No semestre passado, este autor, em uma das aulas de Cálculo na FATEC-SP, ao revisar fundamentos básicos de Trigonometria, solicitou aos alunos que convertessem um vetor do plano da forma retangular para a forma polar, instrumentos usados nas aulas de Física. De posse de uma calculadora científica comum, mostrou-se como determinar o azimute. Até então, muitos alunos que assistiam à aula de forma desligada e sonolenta, despertaram e disseram: “Como é mesmo, professor?” De repente, em função de uma necessidade que o aluno está experimentando em Física, o aluno passa a ter um interesse maior em aprender Trigonometria. E as discussões entre eles se multiplicaram, porque para alguns acusou um valor e para outros, um outro valor. A participação do aluno passou a ser visível. Na aula seguinte, ao prosseguir a revisão, perguntou-se: “Como se calcula secante, cossecante e cotangente de um arco, se não tenho essas funções na calculadora?” Alguns responderam imediatamente, mas a maioria teve dificuldades, por não ter compreendido corretamente que  $\sec \theta = \frac{1}{\cos \theta}$ ,

$\operatorname{cosec} \theta = \frac{1}{\operatorname{sen} \theta}$  e  $\operatorname{cotg} \theta = \frac{1}{\operatorname{tg} \theta}$ . Essas identidades trigonométricas são muito

importantes para o desenvolvimento do Cálculo. No final da revisão, um aluno completou: “Assim, dificilmente vou esquecer essas identidades, as mesmas que tantas vezes tentei decorar”. O exemplo que se colocou aqui não tem o objetivo de fazer o aluno memorizar fórmulas e, muito menos, para usar calculadoras científicas,

e, sim, usar uma abordagem para cada assunto de Matemática ou de Cálculo, para despertar uma motivação intrínseca no aluno, em sala de aula, com intuito de sustentar uma aprendizagem voltada para a compreensão.

Nada adiantaria dotar as escolas com instrumentos para que o aluno com dificuldades pudesse resolver a falta de suporte que o Cálculo necessita, com aulas de reforço, por exemplo, se não houver motivação do próprio aluno para aprender. Não há milagre que faça os alunos chegarem ao final do semestre com sucesso.

### **Problema e Hipótese**

É nesse contexto que se situa o problema: “Para sustentar uma unidade de conhecimento matemático, com o objetivo de fundamentar outras teorias em outros campos do conhecimento, quais condições exercem uma maior motivação para o aluno, no processo ensino-aprendizagem do Cálculo para Cursos Superiores de Tecnologia em Ciências Ambientais?”

Em geral, o aluno matricula-se em Cálculo, sem ter a mínima idéia do que trata a disciplina. Somente depois das primeiras aulas ele percebe tratar-se da Matemática do curso superior. É aconselhável que, na primeira aula, o professor faça um breve histórico do Cálculo, a partir de Leonardo da Vinci até a era de Newton, com a descoberta de *Derivadas*, entrelaçando a Física e o Cálculo. Dessa forma, os alunos teriam uma iniciação ao Cálculo, com alguns fundamentos que permitiriam entender que Cálculo constitui uma base integradora para a aquisição de novos conhecimentos nas mais variadas áreas.

Nessa linha de pensamento, fundamenta-se a hipótese: “As condições que representam uma metodologia de ensino que diversifica a forma de abordagem do conteúdo a ser apresentado e que permite aos alunos relacioná-lo a situações reais a serem vivenciadas no futuro, conduzem para uma maior motivação para a aprendizagem matemática”.

Nessa proposição enunciada para responder tentativamente ao problema, a variável determinante que conduz os alunos para uma motivação para o ensino de Cálculo é “uma metodologia de ensino que diversifica a forma de abordagem do conteúdo matemático a ser apresentado que permite aos alunos relacioná-lo a situações reais a serem vivenciadas no futuro”. Essa será a variável independente

(antecedente) nessa pesquisa. Portanto, “a condução para uma maior motivação para a aprendizagem matemática” é a variável dependente (conseqüente).

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral da pesquisa é identificar as aspirações dos alunos que determinam uma maior motivação para aprender Cálculo em sala de aula, em relação à forma de abordagem das unidades do conteúdo a ser ministrado pelo docente e com vistas a minimizar os índices de evasão e retenção.

Mais especificamente, uma vez identificadas essas aspirações dos alunos, que provocarão uma maior motivação na aprendizagem do Cálculo, quanto à abordagem dos conteúdos, a pesquisa apresenta uma contribuição para o ensino de Cálculo para Cursos Superiores de Graduação em Tecnologia em Ciências Ambientais.

### **Metodologia da Pesquisa**

O estabelecimento de uma taxionomia dos diversos tipos de pesquisa científica apresenta controvérsias sensíveis na área da metodologia científica (APPOLINÁRIO, 2006, p. 59). A natureza deste trabalho apresenta dimensão tanto quantitativa como qualitativa, ou seja, não há uma dicotomia absoluta entre essas duas naturezas, porque a primeira fase (indicativa) da pesquisa é basicamente quantitativa e a segunda fase (avaliativa) é preponderadamente qualitativa.

Segundo Appolinário (2006, p. 60), “antes de definir se uma pesquisa é qualitativa ou quantitativa, deve-se esclarecer a diferença entre outros dois termos fundamentais: os conceitos de *fato* e de *fenômeno*”.

O *fato*, sob a ótica da concepção positivista, refere-se a todo evento que possa ser considerado objetivo e mensurável, e, portanto, passível de ser pesquisado de forma científica. O *fenômeno*, por sua vez, pode ser compreendido como a interpretação subjetiva que se faz dos  *fatos*. Por exemplo, ao observar uma bola chutada cair no telhado, pode-se avaliar este evento a partir de duas possibilidades. Como *fato*, diz-se simplesmente: “a bola caiu no telhado”. Como *fenômeno*, cada um pode interpretar o *fato* ao seu modo: “a bola caiu mansamente no telhado”. Para defensores dessa concepção, quanto à dimensão da pesquisa, os

*fatos* caracterizam as *pesquisas quantitativas*, e os *fenômenos*, as *pesquisas qualitativas*.

Quanto à finalidade desta pesquisa, classifica-se como *pesquisa aplicada* em consonância com os objetivos estabelecidos, por estar voltada para o desenvolvimento de uma nova proposta de Ensino de Cálculo. Ou seja, como bem define Marconi e Lakatos (2007, p.20), “caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade”.

Como na segunda fase desta pesquisa ocorre o experimento, ou seja, a aplicação do projeto, com a nova abordagem que vem atender as aspirações dos estudantes, a investigação também se caracteriza como *pesquisa experimental*. A importância encontra-se nas relações de causa e efeito, já que é um processo no qual se provoca de maneira deliberada algumas mudanças, enquanto se observam os resultados motivacionais, com o objetivo de analisar o desempenho dos alunos durante todo o semestre.

Pelo exposto, diretamente relacionados com o tipo de pesquisa são os *métodos* e *técnicas* a serem adotados. “Entende-se por *métodos* os procedimentos mais amplos de raciocínio, enquanto *técnicas* são procedimentos mais restritos, que operacionalizam os métodos, mediante emprego de instrumentos adequados”. (SEVERINO, 2002, p.162).

O método de amostragem na seleção de grupos de alunos para participarem da pesquisa é *intencional* para a modalidade HSA; e de outro grupo é, *ao acaso*, para constituir sempre duas turmas em cada semestre.

Na primeira fase, a *técnica* de coleta de dados para operacionalizar o método adotado, a observação direta extensiva realiza-se por meio de um *questionário*, não identificado, para responder a pergunta: “Qual a forma de abordagem do conteúdo a ser apresentado pelo professor, nas aulas de Cálculo, que mais motivaria para a aprendizagem matemática?”. Dentre as sete formas de abordagens oferecidas, o pesquisado é orientado a escolher três preferências para maior motivação em aprender Cálculo, escrevendo (1) para a primeira preferência, (2) para a segunda preferência e (3) para a terceira preferência, e deixando outras em branco. Aplica-se o questionário com ou sem a presença do pesquisador; a natureza da pesquisa e a sua importância são explicitadas na própria folha do questionário.

Na segunda fase da pesquisa, no 1º. semestre de 2007, em que é testada a abordagem vencedora, a predominância é utilizar a técnica da *observação participante*. Segundo Marconi e Lakatos (2007, p.90),

consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo. Ele se incorpora ao grupo, confunde-se com ele. Fica tão próximo quanto um membro do grupo que está estudando e participa das atividades normais deste [...]. O observador participante enfrenta grandes dificuldades para manter a objetividade, pelo fato de exercer influência no grupo, ser influenciado por antipatias ou simpatias pessoais, e pelo choque dos quadros de referência entre observador e observado.

No final dessa fase, outro questionário é aplicado para a avaliação final, com o objetivo de confrontar com a hipótese enunciada.

Apesar das particularidades apresentadas com as respectivas terminologias usadas na literatura básica da metodologia científica, o que se procura fazer neste trabalho é adaptar a Metodologia de Pesquisa de Romberg (1992), que se encontra no artigo *Perspectives on Scholarship and Research Methods* do livro *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, Cap. 3. Foi publicado em 1992, de autoria de Thomas A. Romberg, que é matemático, educador e professor de *Curriculum and Instruction of Wisconsin Center for Education Research, University of Wisconsin, Madison, USA*.

Uma metodologia específica para projetos de pesquisa matemática, em que se propõem dez atividades a serem cumpridas, não necessariamente na ordem proposta. Romberg (1992) distribui essas atividades em três blocos:

BLOCO I {  
 Identificar o fenômeno de interesse  
 Criar um modelo preliminar  
 Relacionar idéias próprias com idéias de outros  
 Levantar conjecturas

BLOCO II {  
 Seleção de estratégias de pesquisa  
 Seleção de procedimentos de pesquisa

BLOCO III {  
 Ganhar evidências  
 Interpretar as evidências colhidas  
 Relatar resultados  
 Antecipar ações de outros

## Justificativas

A presente pesquisa justifica-se primeiro pelo perfil dos ingressantes retro-mencionados, e, em segundo lugar, pelo desempenho pífio dos alunos na disciplina Cálculo em quase todas as instituições de nível superior, como já descrito.

Em terceiro lugar, trata-se do docente. Segundo Moreira (2003, p.66), cada aula deve ser organizada de forma a facilitar a aprendizagem. Teoricamente, o docente vale-se de vários recursos que formam a ponte entre o conhecido e o desconhecido para os alunos. O papel dos alunos é transpor essa linha entre o conhecido e o desconhecido, adquirindo determinado nível de habilidades e/ou conhecimentos.

Nesses 34 anos de experiência como professor de Cálculo, constatei que existem professores de Cálculo das mais variadas características. Alguns são extremamente formais no trato com a Matemática, principalmente aqueles que nunca ministraram aulas no ensino básico. Outros são simplistas demais, não se preocupando com o rigor matemático que, às vezes, se exige nos conceitos e definições de Cálculo Diferencial e Integral, consequência dos que ministraram aulas somente nos ciclos básicos, onde os livros didáticos de qualidade discutível foram adotados.

Outro tipo é o professor que trabalhou muitos anos no ensino médio e traz toda uma cultura secundarista para o ensino superior, esquecendo-se de que os alunos não mais farão o vestibular, mas caminham para uma profissionalização. Uma outra característica docente, mais freqüente nos últimos anos, refere-se a professores com pouca experiência, que não conseguem dimensionar a amplitude e a profundidade de cada conteúdo, com a carga horária disponível no semestre.

Independentemente das características mencionadas, uma coisa é comum: todos desenvolvem suas aulas de Cálculo como se fossem para curso de Matemática, esquecendo-se de que os alunos de formação serão tecnólogos. E mais, entre as diversas modalidades dos Cursos de Tecnologia, não se constata aquele diferencial tão necessário de Cálculo para a formação na respectiva modalidade. Outra constatação ocorre quando o docente prepara a aula e a repete por décadas, não tendo a preocupação de atualizá-la, nem mesmo os exercícios.

Como entende Moreira (2003, p.66), “o conteúdo deve ser disposto de tal forma a facilitar a aprendizagem”. Isto não quer dizer que a matéria deva ser dada

de forma superficial, e nem com formalismo exagerado. Facilitar a aprendizagem é usar uma linguagem adequada para que os alunos compreendam o conteúdo na profundidade e extensão preestabelecidas pelo programa e pelo professor, e, assim, sustentar um ambiente onde os alunos tenham mais satisfação e motivação.

A quarta justificativa é o ensino voltado para os Cursos de Tecnologia. Macedo (1995), então Reitor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em sua *Apresentação* na breve perspectiva histórica, registra que a formação do tecnólogo surgiu na Europa, no século XIX, na Alemanha e na Suíça, na área de Engenharia, como parte integrante das Escolas Politécnicas. Essa concepção foi trazida para São Paulo por Antonio Francisco de Paula Souza (1843 – 1917), por ter estudado naqueles dois países precursores. Devido ao seu pioneirismo nos cursos de tecnologia, a idéia da criação de uma instituição tecnológica tomou força na década de 1960. Assim, em 1969 é criada a primeira Faculdade de Tecnologia, sob a responsabilidade do então Centro Estadual de Educação Tecnológica de São Paulo, cuja denominação atual é Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Hoje, o Centro Paula Souza constitui-se na maior rede pública de educação tecnológica, incluindo uma centena de escolas tecnoprofissionalizantes de nível médio, e mais de trinta Faculdades de Tecnologia espalhadas por todo o Estado de São Paulo.

Na década de 1970, os cursos oferecidos pelas Faculdades de Tecnologia tinham como principal objetivo a formação de mão-de-obra qualificada para o mercado de trabalho, associada à filosofia do “saber fazer”, e deu aos egressos da época encontrar campo de trabalho durante um bom tempo.

Entretanto, nos dias de hoje e com tendência para o futuro, em consonância com as exigências mais modernas de formação, os Cursos de Tecnologia requerem, no rol de suas disciplinas básicas e científicas, não apenas fundamentos científicos, mas uma cultura de ensino voltada para a compreensão, para atender as instâncias do desenvolvimento tecnológico do saber “por quê” fazer.

Nesse novo paradigma, diz Watanabe (1995, p.334), “o conhecimento é a base da criatividade e da inovação. O profissional de hoje deve ter uma boa formação técnica, científica, e uma formação socioeconômica, humanística e ambiental muito forte”.

Para novas tecnologias, somente a viabilidade técnica não é mais suficiente. Não se deve esquecer que o produto final deve ser útil ao homem e à sociedade, e o

seu desenvolvimento e uso não venham agredir o meio ambiente. Ou seja, a tecnologia é um produto interdisciplinar e não uma interpretação puramente técnica e financeira.

Peterossi (1995, p.352) destaca no seu trabalho, quando da consolidação das Faculdades de Tecnologia que estavam sendo implantadas, a preocupação com a concepção de uma cultura de ensino tecnológico voltada ao setor produtivo, em que os conteúdos curriculares expressassem embasamento, aplicabilidade e flexibilidade, nos planos de ensino, para manterem a dinâmica da atualização de conhecimentos. Remete-se assim ao professor, o ponto-chave nas Faculdades de Tecnologia.

Atualmente, contrata-se professor de Cálculo, em caráter emergencial ou mesmo em caráter permanente, sem nenhuma experiência no ensino tecnológico. Um material escrito, um modelo de embasamento teórico-interdisciplinar, organizado, redigido, sobre a disciplina Cálculo, para cada umas das modalidades dos cursos oferecidos pela FATEC-SP, se faz necessário, para que o novo docente de Cálculo possa ser orientado para uma cultura de ensino tecnológico. Não que a experiência seja suficiente, mas uma condição necessária para minimizar altas oscilações de qualidade das aulas entre um principiante e um com mais tempo de atividade profissional.

Ao analisar uma mudança da universidade pública pela perspectiva da formação e da democratização, Chauí (2003, p.14) assinala, dentre outros pontos, a formação de professores: de um lado, assegurar que conheçam os clássicos de sua área e os principais problemas nela discutidos, ao longo de sua história e, de outro lado, considerar o impacto das mudanças filosóficas, científicas e tecnológicas.

Argumenta ainda que, para assegurar de forma permanente o processo de formação do docente, a atualização de conhecimentos e de técnicas pedagógicas é preciso garantir condições salariais dignas, que permitam ao docente trabalhar em regime de tempo integral de dedicação à docência e à pesquisa. No ensino tecnológico, em particular, essa atualização é extremamente importante face às inovações tecnológicas que ocorrem de forma contínua no mundo global.

A quinta e a última justificativa deste projeto se refere ao porquê dos cursos na área ambiental.

O modelo de crescimento econômico vigente até o final do século passado gerou grandes desequilíbrios: de um lado, nunca houve tanta riqueza e fartura no

mundo, mas, por outro lado, a pobreza, a degradação do meio ambiente e a poluição aumentaram assustadoramente. Diante desse contexto, nasce a idéia do Desenvolvimento Sustentável, procurando conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação da natureza e, por fim, a miséria do mundo.

Na ECO-92, cúpula realizada no Rio de Janeiro, e na Rio + 10, encontro em Johannesburg dez anos mais tarde, esse termo Desenvolvimento Sustentável foi o centro das discussões. A atividade econômica, o meio ambiente e o bem-estar social formam o tripé básico no qual se apóia o conceito de Desenvolvimento Sustentável. A estratégia de Desenvolvimento Sustentável, dentre outros princípios, requer um sistema tecnológico que busque constantemente novas soluções.

A crescente preocupação, principalmente, dos signatários do Protocolo de Kyoto, em 1997, quanto ao efeito estufa, aquecimento global, poluição do ar e à previsão da escassez de água, nas próximas décadas, traz como consequência a aplicação da legislação ambiental para todos os projetos, tais como: instalações portuárias, estabelecimento de indústrias, construção de usinas hidroelétricas, construção de anéis viários, combustíveis alternativos para reduzir a emissão de gases poluentes, tecnologias para saneamento básico, dentre outros.

O artigo SINOPSE..., (2003, p.7), relata que a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), em parceria com empresas, concretiza uma de suas obrigações legais de informar a qualidade do ar à população, em tempo real, graças às inovações tecnológicas, que antes não podiam ser alteradas de forma dinâmica.

Sobre visualização de fragmentos florestais, desflorestamentos ou áreas em regeneração, o principal diferencial do levantamento está no progresso dos critérios de mapeamento, com a inclusão das florestas secundárias do bioma, concebido com uma tecnologia visual digital em uma escala de mapeamento de 1 : 50 000.

Na capital Vitória, por exemplo, a poluição do ar é monitorada utilizando uma tecnologia desenvolvida pela NASA, agência espacial dos Estados Unidos, para pesquisar o solo de Marte. A Companhia Vale do Rio Doce, localizada no Espírito Santo, também irá empregar essa tecnologia espacial para o controle de qualidade, poluição e segurança de seus processos industriais.

No segmento de papel e celulose, a Aracruz, maior produtora no mundo de celulose de eucalipto, matéria-prima usada para fabricação dos mais variados papéis, demonstra como o setor se empenha, para reduzir potenciais impactos ambientais

de suas atividades, que estão sempre inseridas no contexto das melhores tecnologias disponíveis de controle ambiental.

Quanto às indústrias de Equipamentos para Saneamento Básico e Ambiental, a tendência é a expansão dos negócios que envolvem a preservação do meio ambiente. Isto porque, com a globalização da economia, os países desenvolvidos pressionam de maneira a vincular as questões ambientais com o comércio. Assim, é inevitável, nos próximos anos, um forte investimento em pesquisa e desenvolvimento de produtos e tecnologias.

A recuperação de solos, a gestão de recursos hídricos, a proteção da fauna, da flora e da vida marinha passam necessariamente pela instalação de equipamentos, que precisam estar sempre tendo sua tecnologia desenvolvida e aprimorada.

Nos projetos de construção de anéis viários, como o Rodoanel da cidade de São Paulo, para a avaliação de impactos ambientais, grupos de especialistas dos mais variados campos do conhecimento são envolvidos: biologia, química, biofísica, geologia, botânica, cartografia, climatologia, cristalografia, engenharia florestal, engenharia ambiental, engenharia civil, fitogeografia, geomorfologia, arqueologia, e assim por diante.

Também, o artigo ENERGIAS... (2005, p. 22-26) destaca a importância de um país investir em pesquisa e legislação para a utilização de outras formas de combustível: o biodiesel é um exemplo que vem ganhando espaço por sua característica menos poluente, em comparação com os combustíveis fósseis.

Outros desenvolvimentos de combustíveis alternativos, como a energia eólica, a biomassa e o álcool, são exigências para o crescimento sustentável. O investimento e o estímulo à produção de combustíveis alternativos não se limitam apenas à criação de substitutos para o petróleo, mas são responsáveis pela geração de empregos no campo e pelo desenvolvimento de novas tecnologias.

O interesse pelo álcool, por exemplo, não é somente dos EUA, cujo presidente George W. Bush, fez uma visita, no início de 2007, com o objetivo de estabelecer parcerias para a produção e comercialização do combustível proveniente da cana-de-açúcar, nos Estados Unidos.

Assim como os EUA, segundo o colunista Rossi (2007), a União Européia também quer “parceria estratégica”, em decorrência da necessidade de reduzir a emissão de gases poluentes, dentre outros fatores.

No momento, não existem cursos superiores que formem profissionais qualificados para tantas áreas, tantos nichos tecnológicos, que envolvem direta ou indiretamente atividades de cunho ambiental. A maioria dos cursos existentes, nessa área, não apresenta ênfase de especialização; são interdisciplinares. E a demanda por profissionais, com formação na área ambiental, voltados para projetos, pesquisas e soluções cresce dia a dia.

Segundo Rovai (2005, p.177) – ao argumentar o processo de aceleração que permeou a produção científica e tecnológica, responsável pela velocidade nas transformações sociais –, na sociedade do conhecimento, acentuou-se o caráter cognitivo do trabalho, em detrimento das tarefas físicas, com ênfase em atividades de concepção, planejamento, execução, controle e avaliação.

Nesse contexto, é desejável que os egressos dos atuais cursos tenham uma formação generalista, para proporcionar uma flexibilidade quanto às adaptações no desempenho das mais variadas funções, e também, quanto às mudanças com o surgimento de novas tecnologias. Para isso, é necessário que esses egressos tenham um ensino de qualidade e uma formação sólida nas disciplinas básicas e científicas.

Os países que compõem os blocos comerciais, como o Mercosul, a Alca, a União Européia e outras parcerias, tenderão, no futuro próximo, à homogeneização dos currículos de formação tecnológica, para que os profissionais possam interagir livremente entre os países, com bagagem de conhecimentos uniformes para o desempenho de suas funções. O aquecimento global e as suas conseqüências, por exemplo, provoca o interesse de todos os povos do mundo, e desencadeará uma aceleração maior dos fluxos e dos laços entre as nações.

Todas as preocupações aqui colocadas, tais como, o ensino básico de baixa qualidade, o fraco desempenho dos alunos no ensino superior, a problemática do ensino de Cálculo, a qualidade do ensino tecnológico e o desenvolvimento sustentável, justificam plenamente o presente trabalho. Se cada docente, de todas as disciplinas, de todos os Departamentos, tiver as preocupações aqui apontadas, no seu dia-a-dia em sala de aula, certamente, haverá um ensino de mais qualidade.

Na perspectiva de uma visão didático-metodológica que segue este trabalho, é necessário acrescentar a esta introdução que a técnica de ensino em Cálculo na FATEC-SP, utilizada pelos docentes, é a aula expositiva. As alternativas à aula expositiva como, por exemplo, o ensino em grupos, os seminários e outras

propostas têm sido usadas mais para complementá-la do que para substituí-la (GODOY, 2003).

Na FATEC-SP, as classes de Cálculo do primeiro semestre estão divididas de acordo com as modalidades e ainda de acordo com o número de matriculados no semestre: somente de calouros ou de veteranos e calouros. A média nas turmas só de ingressantes gira em torno de 40 a 50 alunos; e, nas turmas de calouros e veteranos, chega a atingir a marca de 80 ou mais alunos. Esse aspecto quantitativo da composição das classes inviabiliza outras técnicas de ensino, ficando o docente de Cálculo na aula expositiva. Muitos especialistas tecem críticas a esse processo de ensino-aprendizagem, uma vez que a exposição dos conteúdos é apresentada de forma pronta, autoritária e final, não estimulando a mobilização das estruturas cognitivas do aluno. Apesar das limitações que impõe a aula expositiva, existem também argumentos a favor dessa técnica de ensino. Uma delas é a possibilidade de tornar certas disciplinas mais atraentes, como Cálculo, e despertar uma maior motivação para aprender determinados conteúdos que são difíceis de ser assimilados através da leitura.

Só para ilustrar, um exemplo é a conceituação da *Derivada* de uma função de uma variável real em um ponto  $P$  do seu gráfico. Um breve histórico a partir do século XV, início do renascimento europeu até a descoberta de Cálculo, é desejável para que os alunos tenham uma percepção socioeconômica do florescimento da atividade matemática na Europa. Esta parte poderia ser desenvolvida por meio de leituras, discussões em grupos ou até em seminários. No prosseguimento, para desenvolver a intuição para as idéias fundamentais de *Limites*, dois problemas não poderiam deixar de ser apresentados: determinação de retas tangentes ao gráfico de uma função real definida por  $y = f(x)$  num ponto  $P$  da curva e cálculo da área da região limitada pelo gráfico de uma função contínua dada por  $y = f(x)$  num intervalo  $[a, b]$ . Na introdução, é preciso que o professor coloque o problema de forma unilateral, para propiciar aos alunos uma visão mais estruturada para o seu aprendizado.

Algumas definições, como a de *Vizinhança* de um ponto no conjunto dos reais que precede à definição de *Limites*, devem ser dadas de forma expositiva, com bastante clareza, para que o conceito de *Limites* possa ser dado com rigor matemático razoável. Na realidade, para os cursos tecnológicos, o assunto *Limites* deve ser dado apenas o suficiente para a compreensão do conceito de *Derivada*.

Apesar de o exemplo apresentado ter a forma linear de apresentação, não quer dizer que é a melhor forma na organização de conteúdos procedimentais. Existem situações em que certas etapas devam ser cumpridas antes que outras advenham. No entanto, como diz Machado (2005):

[...] a forma de organização linear é amplamente predominante na organização do trabalho escolar, comprometendo-se muitas vezes desnecessariamente com uma fixação relativamente arbitrária de pré-requisitos e com uma seriação excessivamente rígida, que responde em grande parte pelos números inaceitáveis associados à repetência e à evasão escolares (MACHADO, 2005, p. 188).

Para a realização deste trabalho, cujo tema é **O Ensino de Cálculo para Cursos Superiores de Tecnologia na Área Ambiental: Aspectos Motivacionais do Aluno**, esta introdução apresenta uma visão geral da problemática do ensino nos ciclos básicos, no ensino superior tecnológico, no ensino de Cálculo, e a justificativa da importância do tema para a formação dos tecnólogos.

Com o objetivo de contribuir para o melhor entendimento desta dissertação, estabeleceu-se a estrutura a seguir.

O primeiro capítulo apresenta a pesquisa bibliográfica, ressaltando os trabalhos de pesquisa na área de Educação Matemática, no ensino de Cálculo, com os respectivos enfoques e abordagens.

No segundo capítulo, é apresentada a fundamentação teórica do tema **motivação** do aluno, em sala de aula, e a sua interface com as formas didático-metodológicas no ensino de Cálculo.

No terceiro capítulo é mostrada a pesquisa realizada na FATEC-SP junto aos alunos matriculados no 1º. semestre de 2006, no 2º. semestre de 2006 e no 1º. semestre de 2007, na disciplina CÁLCULO, para identificar o ambiente preferido dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, no tocante à forma de abordagem dos conteúdos apresentados pelo docente. Foi criado um projeto interdisciplinar de ensino de Cálculo, para atender as aspirações motivacionais dos alunos, e a sua aplicação no 1º. semestre de 2007, com a respectiva análise da execução e dos resultados obtidos.

Na conclusão, estão as considerações finais sobre a pesquisa realizada e a confirmação da hipótese enunciada.

## 1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos 30 anos, principalmente nas últimas décadas, a visibilidade da expansão dos cursos superiores no país foi de grandes proporções, com a criação dos chamados Centros Universitários. Como reflexo direto, o número de professores universitários mais que dobrou (MOREIRA, 2003, p.63).

Entretanto, como a qualidade de ensino praticado em muitas instituições deixa muito a desejar, prevê-se que a sobrevivência de escolas de baixo nível, em função da concorrência, terá um tempo limitado. Assim, é possível que inúmeras instituições públicas ou privadas, por anteverem a queda da demanda nos seus vestibulares e, conseqüentemente, dos ingressantes, encontrem-se envolvidas de diversas formas na melhoria da qualidade de ensino.

Uma melhora na estrutura dos departamentos, secretarias ou setores de infraestrutura, bem como no incremento de títulos na biblioteca e recursos didático-tecnológicos, por exemplo, pode ocorrer num prazo relativamente curto. Mas melhorar a qualidade dos alunos e dos egressos levará mais tempo e é um processo gradual.

Um bom plano de melhoria do ensino deve partir de um projeto elaborado sobre os elementos básicos do processo ensino-aprendizagem e as maneiras de administrá-los. O plano pode ser iniciado, após explicitar os objetivos, fixar metas, analisar elementos essenciais e estabelecer estratégias, não se esperando que o retorno seja imediato.

Nesse contexto pretende-se analisar aqui, especificamente, o ensino de Cálculo em sala de aula. São escassos os trabalhos que enfocam a problemática do ensino de Cálculo para Ciências Ambientais, as suas dificuldades e especificidades da prática docente no dia-a-dia. A seguir, apresentam-se algumas das principais pesquisas recentes realizadas no Ensino de Cálculo em vários aspectos diferentes, nem sempre com resultados conclusivos, mas que contribuem para fecundas discussões e reflexões entre os docentes de Matemática.

Rezende (2003), em sua tese de doutorado – “*O Ensino de Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica*” –, argumenta que algumas tentativas de amenizar as notórias dificuldades de aprendizagem, no ensino de Cálculo, têm sido realizadas nos campos da pedagogia e da pesquisa. E que a maioria dessas ações partem do pressuposto de que as dificuldades de aprendizagem em Cálculo são de

natureza psicológica, internas ao sujeito aprendiz. Contrariando essa tendência, a sua pesquisa procura mostrar que parte significativa dos problemas, nos atuais ensinamentos de Cálculo, é de natureza essencialmente epistemológica. E, mais, eles estão além da metodologia e das técnicas de ensino. Ao problematizar o seu trabalho, inicia com alguns dados estatísticos dos altos índices de não-aprovação em Cálculo, na Universidade de São Paulo e na Universidade Federal Fluminense, e mostra que essa situação de desconforto em Cálculo não é local, mas geral.

Uma tentativa de sair dessa problemática no ensino de Cálculo, ou seja, dar um salto qualitativo, seria romper com algumas barreiras “normais” do ensino de Cálculo. Uma dessas barreiras que ele coloca é a organização linear dos conteúdos em Cálculo, citada como exemplo pelo autor: “*Limite-Continuidade-Derivada-Integral*”. Outra barreira que o autor coloca é a predominância do “pseudo-rigor” na apresentação dos conteúdos. Determinados resultados assumem-se a partir de suas evidências empíricas e/ou intuitivas. Um exemplo desse “pseudo-rigor” é a definição formal de *Limites*. Por mais que enfatize essa formalidade, o que prevalece no aluno é a noção intuitiva de *Limites*. Acrescenta ainda que a problemática que se coloca não é tão somente o que pode e deve ser dado com rigor, mas, também, qual o nível de rigor aceitável no contexto.

Nessa linha de pensamento, o autor defende uma diretriz para qualquer área do conhecimento matemático, que priorize e busque sempre a compreensão da essência dos resultados matemáticos.

Um outro aspecto da normalidade a que se refere o autor são as chamadas listas de exercícios que cabem ao aluno executar. Durante a aula, em geral, por falta de tempo, o professor acaba negligenciando exercícios (técnica), ficando mais na exposição teórica do conteúdo. No entanto, se nas aulas prevalece a teoria, nas avaliações em geral se cobra mais a parte técnica, o que provoca o conflito pedagógico entre o que se pede e o que se faz.

Ao colocar as características por ele denominadas de “normalidade” da crise do ensino de Cálculo, o autor apresenta soluções para o problema, quanto à natureza, em dois grupos: no contexto pedagógico (sala de aula) e no âmbito da pesquisa (universo de pesquisas desenvolvidas e publicadas).

No primeiro, a produção de listas de exercícios, a utilização de recursos computacionais e a realização de cursos de reforço, em Matemática básica, são algumas das soluções “normais” apontadas para o ensino superior.

No segundo, o autor diz que a utilização dos computadores, como ferramenta didática, tem aparecido freqüentemente nas pesquisas sobre o ensino de Cálculo. Mas argumenta que a questão não é se deve usar ou não o computador, no ensino de Cálculo, e sim “como” e “quando” usar esta ferramenta. Outras pesquisas apontadas, que procuram interpretar e justificar as dificuldades de aprendizagem, são baseadas no âmbito da psicologia cognitiva; e também no campo da psicanálise, no domínio das teorias de Freud e Lacan. Outros pesquisadores, no campo epistemológico, para a interpretação das dificuldades de aprendizagem, procuram colocar em termos de obstáculos epistemológicos certos conceitos em Cálculo.

No encaminhamento de sua pesquisa, Rezende estabelece as premissas e princípios norteadores, enunciando o objetivo da pesquisa:

**Mapear** as dificuldades de natureza epistemológica do ensino de Cálculo, procurando interpretá-las em diversas escalas e contextos. O que se busca aqui, a partir de uma **cartografia simbólica** do ensino de cálculo, é uma compreensão do que o Cálculo é, e o que ele representa para a **formação do cidadão** e para a **arquitetura** do próprio conhecimento matemático. Acreditamos que, ao explicitar nos **ensinos médio e fundamental** de matemática as idéias fundamentais e imprescindíveis do Cálculo, estaremos contribuindo para diluir as dificuldades supracitadas no ensino de matemática como um todo, além de diminuir a sobrecarga e a responsabilidade de um curso de Cálculo inicial no ensino superior.

À luz da análise realizada com base nos três eixos temáticos: técnica/significado; construção de significados/justificação lógica e limite/infinitésimo, Rezende (2003) conclui a sua pesquisa afirmando que existe uma crise de identidade no ensino de Cálculo. Essa crise consiste em entender o Cálculo como uma espécie de preparação para a Análise Matemática, além do excesso de caracterização algébrica de suas idéias fundamentais. A primeira é considerada pelo autor como principal responsável pela utilização de demonstrações evasivas e desnecessárias, que monopolizam os processos de significações das idéias e resultados do ensino de Cálculo. A segunda, constitui-se no exagero da parte técnica, que desvirtua os significados das idéias básicas do Cálculo.

Para superar essa crise, ele propõe uma rediscussão do papel do ensino de Cálculo, mas diz que o seu sucesso está condicionado a uma preparação das idéias básicas do Cálculo, no ensino de matemática dos ciclos anteriores.

Complementando, faz um manifesto público, em prol de uma reflexão de natureza epistemológica sobre o ensino básico de matemática, e explica que a

formatação algébrica, a que está submetido este ensino, é uma consequência de uma visão estruturalista da matemática, inspirada no fenômeno da matemática moderna. O movimento construtivista não rompeu essas barreiras, mesmo porque, de certa maneira, também tem raízes no estruturalismo. A tese propõe que se permita o uso das idéias básicas do Cálculo, para participar efetivamente da tecedura do conhecimento matemático do ensino básico.

Já Barufi (1999), autora da tese de doutorado, "*A Construção/Negociação de Significados no Curso Universitário Inicial de Cálculo Diferencial e Integral*", motivada pelas dificuldades e problemáticas do ensino de Cálculo, analisou a compreensão dessas dificuldades a partir de 24 livros didáticos, por constituírem um instrumento sempre presente no trabalho do professor, na sala de aula. Baseou-se também no referencial teórico da *rede de conhecimentos e significados*, partindo da premissa de que *conhecer é conhecer o significado*; o principal enfoque residiu na negociação dos significados, para classificar em que medida a abordagem do Cálculo realizada é uma simples revelação ou uma construção significativa. Sua pesquisa também analisa o papel do professor na sala de aula, tendo o computador como um instrumento facilitador, que possibilita o estabelecimento de inúmeras relações e a negociação de significados.

Inicia-se com argumentos de que os cursos introdutórios de Cálculo são ministrados tanto nas áreas de exatas como nas de humanas e biológicas, e têm o objetivo de levar os alunos a estudarem, com maior ou menor profundidade, de acordo com sua área de concentração, o que significa uma função de uma variável real. Uma das especificidades deste tipo de funções é a de analisar a taxa de variação, ou seja, diferentes maneiras pelas quais uma função cresce ou decresce, num intervalo ou num determinado ponto do intervalo.

Outro objetivo dos cursos iniciais de Cálculo é propiciar aos estudantes uma base sólida para o estudo das equações diferenciais, presente em quase todas as áreas do conhecimento. Assim, o Cálculo constitui-se numa disciplina ampla e integradora, de caráter fundamental, envolvendo, ano após ano, milhares de alunos e várias dezenas de professores.

Mas, no exame dos resultados de 1990 a 1995 na Universidade de São Paulo, observam-se altos índices de não-aprovação. O Instituto de Matemática e Estatística (IME) transformou os dois cursos semestrais em um único, anual, tentando melhorar esses índices, mas não houve progresso significativo. Fora do IME, como na Escola

Politécnica, apesar de denotar uma condição pouco confortável, apresentam-se também elevados índices de não-aprovação. Em outras unidades, a conclusão é semelhante, mesmo naquelas em que os cursos de Cálculo são mais voltados à realidade local como, por exemplo, no Instituto de Geociências, onde, em 1995, o índice de aprovação foi apenas de 35,1%.

O objetivo básico de sua pesquisa é estudar o conhecimento matemático trabalhado em sala de aula, que permita aos estudantes ter uma visão ampla e global de como o conhecimento matemático pode ser articulado, para a resolução de um número sem fim de problemas reais.

A autora argumenta que, como a abordagem apresentada pelos professores é pouco relacionada com a maneira pela qual o Cálculo foi sendo historicamente estruturado, surgem dificuldades na mobilização de estruturas cognitivas, no confronto com a primeira visão do Cálculo, principalmente quando é apresentada com todo o formalismo, logicamente bem estruturada. Nesse sentido, de que maneira é feita a “ponte” entre o conhecimento adquirido no ensino médio e aquele abordado em Cálculo? E acrescenta:

Segundo concepções mais atuais, o Cálculo deve ser entendido de uma forma flexível, aberta, reformulável no decorrer da ação, integrando as diferentes disciplinas, através de múltiplas relações inter e transdisciplinares, e que tem por objetivo não apenas a aprendizagem dos alunos, como também o desenvolvimento profissional da equipe de professores. Este conceito difere da concepção tradicional, que considera o currículo como um conjunto estático de prescrições a cumprir, estabelecidas a priori, independentemente de qualquer negociação e interação que ocorra em sala de aula.

Destaca-se também a importância do questionamento: “Como, e quanto, o caráter interdisciplinar do Cálculo é explicitado nos diferentes cursos universitários? O conteúdo dos cursos passa por processo de adequação, dependendo do que ocorre na sala de aula?”

Apesar do ensino de Cálculo ser mais teórico para alguns, e mais técnico para outros, o objetivo principal é a construção de significados por parte dos alunos e a consecução, o envolvimento de negociação didática, que necessariamente ocorre em sala de aula.

Para a realização do seu trabalho de investigação a autora buscou respostas num conjunto de livros didáticos de Cálculo Diferencial e Integral, que, segundo ela

define, se constituem em modelos de abordagem do conteúdo apresentada em sala de aula. Sobre a concepção cartesiana de conhecimento diz:

As considerações a respeito tanto do conhecimento em si, como sobre aquilo que ocorre no campo educacional, especificamente, na sala de aula, e, portanto, no que se refere ao trabalho do professor, tinham por base implícita, quando não realmente explicitada, reflexões que revelavam a rigidez do pensamento do filósofo francês Descartes.

A crise de identidade, que envolve cada vez mais o campo educacional, tem estremecido as bases que norteiam o pensamento cartesiano e, apesar de inúmeros indícios da permanência daquelas concepções, verificam-se várias formas que revelam a busca de novos paradigmas, para viabilizar a construção do conhecimento significativo.

A rede de conhecimento e significados é baseada na concepção de Machado (2005, p.138):

- compreender é apreender o significado;
- apreender o significado de um objeto ou de um acontecimento é vê-lo em suas relações com outros objetos ou acontecimentos;
- os significados constituem, pois, feixes de relações;
- as relações entrecruzam-se, articulam-se em teias, em redes, construindo social e individualmente, e em permanente estado de atualização;
- em ambos os níveis – individual e social – a idéia de conhecer assemelha-se à de enredar.

Segundo essa visão, a compreensão não é fruto de transmissão do saber. A pesquisa destaca, também, a importância da língua materna na comunicação interpessoal, que possibilita integrar o indivíduo ao meio, e, assim, interagir na busca de compreensão e transformação.

No tocante ao conhecimento matemático, a autora Barufi argumenta que o professor de matemática

precisa encontrar situações significantes e motivadoras, com problemas interessantes, a fim de que seus alunos, tentando dar respostas adequadas a esses problemas, consigam estabelecer significados para o conhecimento desejado, compreendendo-o e, portanto, articulando-o à própria rede. Nessa busca, o professor é essencialmente um pesquisador, pois estará formulando suas hipóteses pessoais a respeito da possibilidade que seus alunos têm de construir significados através das situações e problemas propostos por ele.

O processo de problematização é fundamental, se o professor pretende que o aluno construa os significados para daí ser possível a compreensão do conhecimento desejado. Sem uma metodologia problematizadora o professor corre o risco de tentar apenas transmitir seu próprio conhecimento, pronto estruturado, que o aluno não conseguirá articular se não tiver significado para ele, se não responder a algum problema que seja seu, especial, desafiador, interessante.

Nas suas considerações na construção do conhecimento matemático e na negociação dos significados na sala de aula, destacam-se o trabalho do professor de matemática, o conhecimento e os significados, o discurso na sala de aula e a negociação dos significados.

Na análise dos livros didáticos de Cálculo Diferencial e Integral, observou-se a existência de abordagens diferentes feitas pelos diferentes autores, muito embora o assunto tratado tenha sido basicamente o mesmo. Verificaram-se dois modelos diferentes que nortearam as várias propostas didáticas: o primeiro se constitui no Cálculo sistematizado, formal e logicamente organizado, e o outro apresenta o Cálculo em construção. Este modelo diverge do anterior, por basear-se numa metodologia problematizadora, segundo a qual aquilo que deflagra o processo de construção do conhecimento, por parte dos alunos, é a existência de problemas importantes e motivadores. Sobre o conjunto de livros selecionados, observou-se:

1. se estão explicitadas as idéias fundamentais que, historicamente, propiciaram o desenvolvimento do Cálculo.
2. se o texto parte de problemas motivadores para a construção do conceito.
3. a linguagem: presença de texto em linguagem corrente, com a qual o autor busca o convencimento do leitor.
4. se o texto é rico em figuras e gráficos.
5. a argumentação, se o autor busca a construção do conhecimento através de aproximação (ou às vezes, a intuição).
6. a formalização, ou seja, se a organização do texto mostra uma revelação do Cálculo ou Cálculo em construção.

Nesse conjunto de livros pesquisados, concluiu-se que:

1. Com relação às **idéias**: 29% deles explicitam fortemente as idéias do Cálculo; 46% apresentam algumas preocupações com as idéias, mas sem a clareza de que elas existiram antes da formalização. Os outros 25% não mostram nenhuma preocupação com as idéias do Cálculo, como existentes antes da estruturação do todo.
2. Sobre a **problematização**: 38% dos livros apresentam problemas interessantes para motivarem a introdução dos conceitos; em 33%, os problemas aparecem como

aplicações do Cálculo, não motivando os conceitos e, nos 29% restantes, não aparecem problemas importantes em quantidade relevante.

3. Em relação à **negociação dos significados**: 66% dos autores utilizam a linguagem corrente como ferramenta poderosa na busca do convencimento; em 17% dos casos, o uso da linguagem corrente é mínimo, prevalecendo basicamente a linguagem matemática. Mesmo usando-a, os restantes 17% não procuram convencer através dela.

4. No critério **visualização**: em 33% dos casos, a utilização das figuras, que são importantes para a construção dos significados, é feita somente para que o aluno verifique o que foi estabelecido; 54% são ricos em gráficos e figuras, que permitem os cálculos algébricos para obter conclusões. Nos 17% restantes, praticamente não existem figuras e/ou gráficos.

5. Na **argumentação**: 42% dos textos utilizam recursos provenientes da lógica interna e do caráter definitivo do conhecimento construído; 33% buscam a construção do conhecimento por aproximações, sem transmitir em um caráter definitivo, logo da primeira vez. Nos outros 25%, a argumentação não é apenas internalista, mas também estabelece um caráter definitivo.

6. Quanto à **formalização**: 54% deles estabelecem um curso de Cálculo com prevalência da noção da transmissão de conhecimento, no lugar da construção; somente 21% dos livros apresentam o Cálculo em construção. Os outros 25%, inicialmente, mostram o Cálculo em construção, mas, após a introdução de um novo conceito, adotam a postura de revelação do Cálculo logicamente estruturado.

Ao tecer as suas considerações finais e perspectivas, Barufi finaliza:

O fato de outras disciplinas e outros profissionais necessitarem das ferramentas de Cálculo, e existirem tantos problemas onde o Cálculo é indispensável, poderia ser o grande motor para propiciar uma integração real e interdisciplinar trazendo à tona toda a potência e grandeza do Cálculo. Sair-se-ia do contexto lógico-formal rigoroso, onde a matemática domina, e entrar-se-ia num contexto onde a realidade, com seus problemas fundamentais é o mais importante.

Um outro trabalho é o da pesquisadora Tedeschi (2005) em sua dissertação de mestrado sobre *“O Ensino de Cálculo na Formação do Professor das Áreas de Exatas: O Olhar dos Alunos”*. Argumenta que os estudos, na área de formação de professores, indicam que há necessidade dessa formação buscar a superação de modelos justapostos de ensino dos conteúdos e, também, sobre questões de

natureza didático-pedagógicas. E que a formação dos futuros professores sofre influências das experiências vividas como aluno, nas disciplinas específicas dos cursos de Licenciatura. Sua pesquisa foi motivada por este panorama, de modo a propor um estudo que caracterize em que medida, na percepção dos alunos, o ensino de Cálculo contribui para a sua formação como professor.

A autora inicia descrevendo seu relato de experiências, como aluna no colegial técnico da antiga Escola Técnica Federal de São Paulo, quando teve o seu primeiro contato na iniciação ao Cálculo: o conceito de *Limites*. Depois, já como aluna da graduação na Licenciatura em Matemática, participou de projetos de alfabetização de adultos, juntamente com alunos e professores na UFSCar. Mais tarde, como docente de Cálculo, no ensino técnico, na mesma instituição em que havia se formado, verificou que até o material didático era o mesmo de vinte anos atrás. Nesse meio tempo, com a instalação do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo (CEFET-SP), passou a lecionar Cálculo no curso de Tecnologia Industrial e, mais tarde, em cursos de Licenciatura em Física.

Nessa experiência de vida, ao longo dos anos, ela constatou que o mesmo quadro que havia notado na sua graduação, qual seja, altos índices de reprovação, desinteresse dos alunos e o desalento pelo fracasso, continuava a existir, agora como docente.

A investigação é focada na formação de professores para o ensino de Cálculo, em cursos da área de exatas, em especial no ensino das disciplinas iniciais de Cálculo para Licenciatura.

Destaca que trabalhos de pesquisa, no âmbito de formação de professores, foram intensificados, nos anos 90, e têm contribuído para debates e discussões em torno de temas como:

As demandas na formação em nível superior decorrente das mudanças na escola básica, a superação de modelos tradicionais de formação inicial de professores, ou ainda discussões sobre as diretrizes de formação de professores e a implantação de novos projetos político-pedagógicos.

Apesar das exigências legais, como a Lei de Diretrizes e Bases de 1996, na adequação das estruturas curriculares, nos cursos de Licenciatura, terem sido implementadas, os avanços ainda são tímidos, no tocante às mudanças nas concepções e formatos dos cursos de Licenciatura. Nesse contexto, a pesquisa

analisa os “significados produzidos por licenciandos sobre as contribuições que as disciplinas de Cálculo têm para a formação do professor da área de exatas”.

Faz um breve histórico da trajetória do ensino de Matemática e como foi introduzido o ensino de Cálculo no Brasil, e, conseqüentemente, como passou a incorporar os currículos nacionais. E como ocorreram as modificações com as propostas de modernização do ensino de Matemática no país.

A sua opção metodológica, que, a partir de um olhar fenomenológico, procurou aproximar-se da essência dos depoimentos dos licenciandos, que foram os sujeitos da pesquisa.

A análise dos resultados evidenciou a certeza de que “o trabalho do formador, nas disciplinas de Cálculo, precisa ser re-significado”, e acrescenta:

Deve haver a compreensão das necessidades atuais de formação que têm os futuros professores no sentido de lhes possibilitar a adequada inserção num contexto de mudanças. Assim, cabe a busca de novas soluções que envolvem uma revisão sobre o quê do ensino atual de Cálculo continua relevante como tema de ensino, com a possibilidade da inclusão de elementos significativos na formação profissional do futuro professor.

Ferruzzi (2003), na sua dissertação de mestrado sobre “*A Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral nos Cursos Superiores de Tecnologia*”, propõe alternativas pedagógicas, com base na Modelagem Matemática no ensino de Cálculo para cursos tecnológicos. Afirma que o seu trabalho foi motivado pelas suas inquietações no ensino de Cálculo Diferencial e Integral, nos Cursos Superiores de Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-Pr), ao observar o ensino de Cálculo tratado de forma independente das disciplinas da área tecnológica, dificultando oportunizar ao aluno a percepção da utilidade da matemática em sua vida profissional.

Os programas, em geral, desatualizados, obsoletos e inúteis no contexto moderno, aliados à memorização excessiva, aos exercícios repetitivos e ao poder de centralização das ações pedagógicas assumidas pelo professor, trazem aos alunos de todos os níveis dificuldades no aprendizado da matemática, fazendo com que os índices de evasão e retenção alcancem números alarmantes.

Diante disso, argumenta a autora que as investigações têm se desenvolvido à luz de diferentes tendências, objetivando proporcionar melhorias no processo de ensino e aprendizagem da matemática. A exploração de situações da vida real, em

que a matemática se aplica, pode tornar o ensino da matemática mais dinâmico e motivador para os alunos.

E essa relação da matemática com a realidade pode ser estabelecida por meio de atividades de Modelagem Matemática, “um processo de abordagem de um problema não-matemático, cuja solução envolve a construção de um modelo matemático”.

Sua preocupação com o ensino de Cálculo no Curso Superior de Tecnologia em Eletro-técnica do CEFET-Pr, levou a autora a desenvolver a pesquisa, propondo uma alternativa para o ensino “que aponte para um direcionamento epistemológico diferenciado do modelo predominante”, a fim de promover uma participação mais ativa do discente no processo de construção do conhecimento.

O seu objetivo principal foi investigar a Modelagem Matemática como uma proposta metodológica para o ensino e aprendizagem de Cálculo, nos Cursos Superiores de Tecnologia em Eletro-técnica.

Também faz uma abordagem conceitual sobre Educação Tecnológica, os avanços da tecnologia e a sua importância no contexto socioeconômico. Destaca os CEFET's como instituições de ensino preocupadas com a Educação Tecnológica, na formação de jovens capazes de aplicar seus conhecimentos, para compreensão e solução de problemas.

Fundamenta a Modelagem Matemática como sendo

um conjunto de regras e procedimentos que guiam o modelador na obtenção de um modelo matemático que represente um problema extra-matemático, utilizando-se para isso de técnicas matemáticas, conhecimentos científicos, experiência e criatividade.

Na sua experiência, enumera e analisa, em detalhes, as atividades desenvolvidas em sala de aula, na disciplina Circuitos e Medidas, que contempla os conteúdos de Cálculo, Eletricidade e Medidas Elétricas. Segundo a pesquisadora, a carga horária da parte de Cálculo corresponde a 30% da carga horária total da disciplina. A análise dos resultados mostrou uma maior participação e dedicação dos alunos, o que provocou o hábito pela pesquisa e um inter-relacionamento com outras áreas do conhecimento. Na sua avaliação,

a Modelagem Matemática no ensino possibilitou a construção do conhecimento ao longo de um processo de “aprender a aprender”. Neste encaminhamento, a sistematização dos conceitos utilizados a partir dos modelos apresentados teve como objetivo mostrar aos alunos a

importância do Cálculo Diferencial e Integral e a variedade de contextos onde a Matemática é usada.

Sugere que a sua proposta seja ampliada para outros Cursos Superiores de Tecnologia, como Mecânica e Informática, e para um trabalho de pesquisa a fim de se ter uma coletânea de problemas interdisciplinares, em que a estratégia de Modelagem Matemática possa ser utilizada para o ensino de Cálculo.

Para Diogo (2000) na sua dissertação de mestrado – *“Uma alternativa para o Ensino de Cálculo de funções de uma variável real”* –, os conteúdos devem ser apresentados de maneira diferenciada, dependendo do grupo a que pertence o receptor, e também levando em conta os pré-requisitos anteriores e os esquemas individuais. Considera que uma das metas educacionais de importância fundamental é o estabelecimento de técnicas e/ou métodos de ensino para minimizar as dificuldades do aluno, principalmente na aprendizagem dos conceitos abstratos, como em Cálculo.

Mesmo aqueles bons alunos que estão evadindo dos cursos tradicionais, como Matemática e Física, consideram o Cálculo muito rígido e explicam que a análise de temas abrange assuntos intoleravelmente maçantes.

Inicialmente Diogo apresenta um breve histórico do Cálculo do século XVII, destacando os trabalhos de Newton e Leibniz. Também registra a sua experiência docente no Curso de Matemática da Universidade Federal de Rondônia, apresentando as causas da dificuldade que os alunos defrontam, diante do grau de abstração exigido pela disciplina *Análise Real*: a pseudo-aprendizagem dos conceitos de Limites, Derivada e Integral, que fazem parte do conteúdo programático da disciplina Cálculo Diferencial e Integral, e que são pré-requisitos indispensáveis para a construção do pensamento abstrato inerente à *Análise*. Assim, defende que uma alternativa para que o gargalo do curso de Matemática, na Universidade Federal de Rondônia, seja diluído, é a elaboração de um material didático específico, em forma de jogos educacionais computadorizados.

O objetivo geral da sua pesquisa é a construção de um protótipo de um programa educacional, com experiências matemáticas em forma de jogos computacionais, dentro do conceito de Limites, Derivação e Integração de funções de uma variável real.

A autora acredita que esses jogos propiciam “condições para que o aluno desenvolva a prontidão necessária à transposição da fase intuitiva para a fase da abstração rigorosa, de forma saudável, contínua, prazerosa e sem bloqueios”.

Sua fundamentação teórica é baseada em Jogos Empresariais, Tecnologia e Educação, e Ensino da Matemática. Diz “aprender não significa internalizar cópias da realidade externa, mas criar estruturas lógicas para que o estudante atue nesta realidade de formas cada vez mais flexíveis e complexas”. E acrescenta

O empirismo chega a colocar, equivocadamente, a Matemática como um divisor de águas entre as pessoas, isto é, “as que podem fazer matemática” e as que “não podem ou pensam que não podem e se bloqueiam totalmente ao ver um símbolo matemático”. Modificar esta postura é um objetivo do educador e para isso deverá concentrar-se cuidadosamente nos porquês dos fracassos e insucessos que não poderão receber uma avaliação punitiva, mas deverão ser vistos como janelas que os alunos abrem para que o professor, como nos programas de realidade virtual, penetre nas suas estruturas mentais e desbloqueie seus esquemas.

Argumenta que qualquer conceito matemático a ser construído por meio de definição deve ser acompanhado de inúmeros exemplos e contra-exemplos. São elaborados módulos matemáticos para a resolução de problemas que levam intuitivamente à noção de Limites:

1. O cálculo da área de um círculo de raio  $R$  usando aproximação por polígonos regulares inscritos no círculo.
2. O cálculo da área de um círculo de raio  $R$  usando aproximação por polígonos regulares circunscritos no círculo.
3. O cálculo do perímetro de uma circunferência de raio  $R$  usando aproximação por polígonos regulares inscritos na circunferência.
4. O cálculo do perímetro de uma circunferência de raio  $R$  usando aproximação por polígonos regulares circunscritos na circunferência.

Desta forma analisa, com detalhes, a conceituação de Limites e Derivadas. Analogamente, para levar intuitivamente ao conceito de Integral, são elaborados problemas de cálculo de áreas pelo método de aproximação de áreas, por meio de retângulos de altura máxima. Em seguida, descreve os Jogos CAL organizados num software composto de duas partes: a primeira envolvendo Limites (elaborada com CLIPPER 5.1) e a segunda, Derivadas e Integrais (construída por VISUAL BASIC 5.0). Ao finalizar, a autora recomenda que o protótipo do software CAL apresentado

seja como uma alternativa para o ensino de Cálculo, porque o respeito às diferenças individuais é condição indispensável para o sucesso do recurso didático aplicado e que o processo de avaliação do mesmo seja uma sugestão para futuros trabalhos e estudos específicos na área de avaliação e controle de sistemas.

Para Olímpio Junior (2006), em sua tese de doutorado sobre *“Compreensões de conceitos de Cálculo Diferencial no primeiro ano de Matemática: uma abordagem integrando oralidade, escrita e informática”*, os elevados índices de reprovação e de desistência, na disciplina nos cursos vinculados às universidades públicas, são preocupações constantes para os docentes de Cálculo.

Para sua pesquisa foi selecionado o Curso de Licenciatura/Bacharelado em Matemática de uma universidade pública, onde o índice médio de reprovação em Cálculo se situa em torno de 40% a 50%.

Antes de situar o seu trabalho de investigação no panorama da Educação Matemática no Ensino Superior, argumenta que a maioria dos ingressantes carece de uma melhor formação matemática pré-universitária. E que somente a partir desta melhor formação é que o desenvolvimento do Cálculo seria menos problemático. Uma outra característica presente nas universidades é o elevado número de alunos em Cálculo para diversos cursos afins à área. Assim, a interação individual baseada na oralidade é quase inviabilizada, não ocorrendo uma interação, mas somente comunicação. Sobre um outro eixo, coloca a questão dos chamados sistemas computacionais de manipulação simbólica – Computer Algebra System (CAS) – para integração com outras mídias, de forma que a própria construção matemática produzida pelo aluno reflita uma tal integração.

Nesse panorama, que novas abordagens ou possibilidades poderiam ser integradas às existentes, de modo que os docentes pudessem contribuir para mudar a problemática do ensino de Cálculo?

Sua pesquisa explora algumas das possibilidades da integração da escrita em linguagem natural, da informática (representada pelo CAS MAPLE) e da oralidade na investigação de compreensões que alunos de graduação em Matemática, ingressantes no Ensino Superior, demonstram em relação aos conceitos do Cálculo Diferencial: função, limite, continuidade e derivada.

A partir dessas compreensões buscou produzir novas visões acerca de fenômenos e processos subjacentes, que ocorrem com estudantes de Matemática, ingressantes em uma universidade pública, sobre os conceitos básicos do Cálculo

Diferencial. Para fundamentar e orientar a constituição do objeto da pesquisa, o autor teoriza o Potencial Pedagógico da Escrita na Matemática, os Sistemas de Computação Algébrica (CAS – MAPLE), a Compreensão Conceitual em Matemática e as Tecnologias Intelectuais: Oralidade, Escrita e Informática.

Para a implementação e o desenvolvimento da pesquisa, foram escolhidos oito voluntários matriculados na disciplina Cálculo Diferencial e Integral, no curso de Matemática de uma universidade pública do Estado de São Paulo.

O autor apresenta em detalhes o desenrolar da sua pesquisa e conclui destacando alguns dos pontos principais:

- O desejo de ouvir estudantes de uma classe especial: aqueles que, dentre tantas possibilidades, optam pela Matemática como caminho inicial num curso superior.
- Ouvir as compreensões dos estudantes sobre conceitos específicos do Cálculo Diferencial, discutindo, escrevendo e interagindo com um sistema computacional de manipulação simbólica.

Diante disso, os resultados e as respectivas análises apresentadas sugerem:

1. Conceito de FUNÇÃO: exploração mais intensa do conceito a partir de sua definição como uma terna (domínio, regra, contradomínio).
2. Conceito de LIMITE: os estudantes constroem compreensões razoavelmente coerentes sobre a “dinâmica das aproximações”.
3. Conceito de CONTINUIDADE: exploração do conceito por meio de exercício sistemático do conceito de descontinuidade.
4. Conceito de DERIVADA: exploração mais intensa do conceito como taxa de variação instantânea para exercitar esta dinâmica.

E finaliza,

a dinâmica é a própria essência do Cálculo. As potencialidades para a exploração são inúmeras e a urgência por novas idéias que contribuam para reverter a difícil situação em que se encontram os processos de aprendizagem da disciplina é mais do que evidente.

Milani (2002), na sua dissertação de mestrado sobre “*Concepções Infinitesimais em um Curso de Cálculo*”, apresenta sua pesquisa na área de ensino e aprendizagem de Cálculo, baseada em um experimento de ensino com um grupo de alunos da graduação em Física, da UNESP de Rio Claro, que cursavam a disciplina Cálculo pela metodologia tradicional do conceito de *Limite*. Seis encontros foram realizados e trabalhados, segundo a abordagem infinitesimal com o auxílio de

programas computacionais. Uma vez legitimadas as concepções espontâneas infinitesimais dos alunos, o estudo, nessa nova abordagem, é desenvolvido e analisado na sua pesquisa.

Após a sua vivência como aluna e monitora na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Cálculo Diferencial e Integral, e o seu ingresso no programa de pós-graduação em Educação Matemática da UNESP em Rio Claro, ela constata a possibilidade de desenvolver o Cálculo por meio de uma abordagem infinitesimal. Assim, inicia o seu projeto de pesquisa na área de Cálculo Infinitesimal estabelecendo o seguinte problema: “Como alunos de Cálculo I do curso de Física, da UNESP de Rio Claro, lidam com as concepções infinitesimais, no trabalho com tópicos dessa disciplina, estudados segundo a abordagem infinitesimal?”.

Argumenta que os objetivos dos cursos de Cálculo e Análise não devem ser confundidos. Enquanto o primeiro deve ser trabalhado de forma intuitiva, com aplicações práticas, o outro deve se fundamentar na formalização dos conceitos.

O objetivo de qualquer curso de Cálculo não é ensinar a teoria de *Limites*, nem a dos infinitésimos. O Cálculo poderá ter como objetivo aplicá-las, investi-las em situações didáticas. Ensinar Análise real ou Análise Não-Standard são objetivos de disciplinas posteriores, de Análise Matemática (BALDINO, 1995 *apud* MILANI, 2002).

A sua metodologia emprega uma abordagem qualitativa de pesquisa, seguindo uma tradição compreensiva ou interpretativa. Os dados são representados pelas falas dos alunos, nas situações de interesse do trabalho. Assim, a sua pesquisa se fundamenta na compreensão da fala dos alunos e suas respostas a um novo contexto de estudo. Descreve em detalhes os quatro participantes da pesquisa e dos encontros de Cálculo Infinitesimal.

Os dados da pesquisa são analisados à luz do seu referencial teórico adotado, e são feitas reflexões sobre o Cálculo para o curso de Física.

Nas suas considerações finais, a autora destaca que as concepções espontâneas de infinitésimo, como algo infinitamente pequeno e, por vezes, desprezível, que os alunos apresentaram, constituem o obstáculo epistemológico infinitesimal à aprendizagem do conceito de *Limite* no ensino tradicional vigente de Cálculo.

Defende que o centro do processo de ensino é o aluno, e não, o conteúdo matemático. O professor deve desenvolver o seu trabalho a partir das concepções

que o aluno traz para a sala de aula, objetivando seu ajuste gradativo às concepções matemáticas.

Para Mateus (2006), em sua dissertação de mestrado *“Cálculo Diferencial e Integral nos livros didáticos: uma análise do ponto de vista da organização praxeológica”*, o seu trabalho é resultado da reflexão sobre as dificuldades dos alunos em compreender o que é o Cálculo Diferencial e Integral; e também a utilização prática dos conhecimentos adquiridos na escola, na procura de encontrar alternativas didáticas capazes de engajar o aluno, num processo de aprendizagem significativa do Cálculo.

Baseado na sua pesquisa bibliográfica e na situação de ensino e aprendizagem do Cálculo que vivemos hoje, o autor estabelece o seguinte problema: “O que é que os livros didáticos disponíveis sugerem quanto à construção de conceitos e estratégias de ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral?”. Dessa forma, o objetivo da sua pesquisa é “analisar e compreender melhor como atualmente os conceitos do Cálculo Diferencial e Integral são tratados em alguns livros didáticos disponíveis”. Justifica o foco do seu trabalho em “Cálculo Diferencial e Integral”, por defender que o mesmo propicia estabelecer o valor da relação entre o saber e o saber-fazer, no desenvolvimento da capacidade de avaliar o processo de construção e aplicação de conhecimentos matemáticos, nos diferentes contextos da realidade de seu ambiente. Nesse sentido, além de ocorrer a ampliação do seu conhecimento matemático, proporcionar-se-á o desenvolvimento das suas formas de pensar e agir, aliando a Matemática às outras áreas do conhecimento, tornando-a um instrumento de compreensão e de possíveis modificações da realidade. As hipóteses para sua pesquisa são as seguintes:

1. Alguns dos fatores que interferem no processo de ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral estão diretamente relacionados com a organização didático-matemática dos livros didáticos do Cálculo Diferencial e Integral.
2. Analisar esta organização praxeológica dos livros didáticos pode reforçar a compreensão das causas de dificuldades no processo de ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral e propiciar algumas atitudes tendentes à sua utilização correta e criativa.

Os procedimentos metodológicos foram baseados primeiro na análise epistemológica e histórica do Cálculo Diferencial e Integral, a fim de compreender e mostrar como os tais conceitos evoluíram, e os obstáculos encontrados na caminhada. Segundo, na elaboração do referencial teórico, que é baseado na

Teoria de Registros de Representação Semiótica de Duval (2003), Teoria Antropológica do Didático de Chevallard (1999) e Teoria das Situações Didáticas de Brousseau (1970 – 1990).

O autor faz uma análise da organização didática dos oito livros selecionados, identificando tarefas, técnicas e sua justificação, que procuram responder as questões sobre como realizar o estudo de um determinado assunto.

Os resultados da análise dos livros confirmam as hipóteses da sua pesquisa, e ele conclui:

A articulação entre a problematização contextualizada e a descontextualização das noções de Matemática nos livros analisados, é feita de uma maneira tal que, em geral, apresenta-se primeiro o conhecimento visado e depois são identificados alguns contextos onde tal conhecimento é aplicado.

Em geral não usa a problematização como catalisador da exposição para chegar-se à formalização. Quer dizer, o que se observou é um processo inverso: da formalização para a problematização.

Argumenta que, ao discutir conceitos como de *Derivadas* ou de *Integrais*, de uma maneira puramente formal, fica difícil para o aluno situar a motivação da discussão. Defende a importância da contextualização inicial, e, partindo das situações-problema, ir construindo gradualmente o pensamento formal, onde o aluno tem oportunidade de falar, agir, refletir e validar as suas idéias.

Ao finalizar, entre outros questionamentos, o autor coloca questões; por exemplo: “Como incorporar os resultados desta pesquisa em sala de aula ou na produção de um livro de Cálculo Diferencial e Integral?”.

Barbosa (2004), na sua dissertação de mestrado em “*O insucesso no ensino e aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral*”, argumenta que o Cálculo, apesar de desempenhar papel importante como linguagem, na representação dos fenômenos, e como instrumento para a resolução de problemas, leva alunos e/ou professores a apresentarem reclamações que atestam um quadro de altos índices de evasão e retenção na disciplina. De um lado, alunos reclamam do alto grau de abstração dos conteúdos ministrados em Cálculo; por outro lado, professores justificam o baixo desempenho com a falta de motivação, de raciocínio e de hábitos de estudo dos alunos. Essa constatação é verificada na Pontifícia Universidade Católica do Paraná, nos cursos de Engenharia de Computação, Engenharia Química e Engenharia Mecatrônica.

A preocupação dos docentes que ministram Cálculo, nas mais diversas universidades brasileiras, não é recente. Para minimizar as dificuldades do Cálculo, muitos estudiosos têm direcionado o processo de ensino e aprendizagem com auxílio de recursos computacionais.

De um modo geral, as tecnologias trouxeram melhorias no ensino, porém, essas melhorias, muitas vezes baseadas no equívoco de que o uso de recursos tecnológicos pode resolver tudo, encobriram a problemática do ensino e aprendizagem. Muitas vezes, o docente, preso às metodologias e práticas vivenciadas no curso de formação, centrado em paradigmas conservadores, ministra o Cálculo pelo cálculo, sem aplicação e contextualização, focado na pedagogia rotineira e tradicional.

Assim, o seu problema consiste na busca de indicativos para compreender os possíveis obstáculos encontrados no ensino e na aprendizagem de Cálculo, com base nos índices de reprovações na disciplina dos cursos de Engenharias da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. “Que fatores são determinantes do insucesso na aprendizagem e quais os possíveis caminhos de superação para os alunos da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral?”

A metodologia é baseada em uma abordagem qualitativa para compreender os fatores geradores de repetência dos alunos em Cálculo. Na sua fundamentação teórica, argumenta que um dos objetivos da transposição didática (ASTOLFI, 1999 *apud* BARBOSA, 2004) 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.

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.

O aluno só compreende os vínculos do conteúdo estudado quando fica compreensível para ele essa transposição. 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 aprendido a novas vivências.

A sua pesquisa revela que o atual ensino de Cálculo é muito tradicional, com ênfase na repetição de exercícios, predominância do estudo individual e a preferência dos alunos pelas aulas expositivas. Apesar dos alunos terem consciência da importância do Cálculo como base integradora para a aquisição de

conhecimentos, não conseguem perceber a utilização prática dos conteúdos ministrados pelo docente. Algumas das dificuldades apontadas pelos alunos são a memorização das regras, das fórmulas e a metodologia na resolução dos problemas.

Para os professores, as causas do insucesso dos estudantes estão essencialmente centradas no próprio aluno, que vem imaturo e com deficiências de conhecimentos básicos para a universidade. O cenário apontado pela sua pesquisa mostra que os problemas do Cálculo, na PUC do Paraná, não são diferentes dos apresentados em outras pesquisas, em relação ao conservadorismo do ensino e a impotência das instituições em reverter o quadro do fracasso escolar.

E finaliza:

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 no qual a disciplina está ancorada é um fator determinante para o insucesso do aluno na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, não é o único, mas um fator relevante a ser considerado para a obtenção do êxito escolar.

Calliari (2001) no trabalho *“A Contextualização na Matemática – Uma alternativa para o Ensino”*, analisa a melhoria do aprendizado em Cálculo Diferencial e Integral para alunos de Cursos de Tecnologia em Química Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, usando a Contextualização como uma técnica de ensino para relacionar a Matemática com outras disciplinas.

O objetivo geral do seu trabalho é estudar a relação da Contextualização com o aprendizado, e é fundamentada na tendência sociocultural de concepção de ensino e aprendizagem de Matemática. Ou seja, o seu ponto de partida do processo são os problemas da realidade, ligados ao cotidiano e à cultura cuja tendência é a problematização. Apresenta um breve histórico da educação matemática e, para embasar a sua dissertação, apresenta teorias de aprendizagem cognitivistas/construtivistas. A abordagem de como fazer a Contextualização da Matemática é feita através do método Resolução de Problemas, usando Derivadas e Integrais, assuntos constantes na disciplina Cálculo Diferencial e Integral.

Para a Contextualização, o autor pressupõe que as Derivadas e Integrais sejam conhecidas, para que a aprendizagem seja significativa.

O resultado mostra que os alunos aprenderam a buscar correlações entre a Matemática e a atividade real. O questionário aplicado e as observações feitas pelo

autor, durante as aulas de Contextualização, permitiram concluir que o interesse dos alunos pelo Cálculo aumentou significativamente, porque descobriram as aplicações de Cálculo em assuntos ligados ao Curso de Tecnologia em Química Ambiental. E finaliza, propondo que a Contextualização seja feita em outras disciplinas do Departamento de Matemática, tais como Álgebra Linear, Cálculo Numérico, Estatística e Geometria Analítica.

E, por fim, também na área de concentração em ensino e aprendizagem, Paulette (2003), autor da tese de doutorado *“Novo enfoque da disciplina Matemática e suas Aplicações, no Curso de Administração de Empresas da Universidade Paulista – Unip”*, estava inconformado com a metodologia de ensino tradicional praticada pela maioria dos docentes de Matemática, no ensino superior, que não cria ambiente propício para a aprendizagem significativa. Por isso, ele foi em busca de um novo enfoque de ensino-aprendizagem no Ensino de Matemática, que atendesse o perfil profissiográfico e as habilidades do Curso de Administração de Empresas da referida Universidade.

O guia norteador de sua pesquisa foi fundamentado na Metodologia de Pesquisa de Romberg (1992) em que se destacam as seguintes atividades:

1. *Identificação do fenômeno de interesse.* Assim descrito:

Ensino de Matemática no Curso de Administração de Empresas, da Universidade Paulista (Unip), que atenda ao perfil e às habilidades do Administrador exigido pelo MEC/SEDIE (Secretaria de Avaliação e Informação Educacional), DACE (Departamento de Apoio Técnico à Avaliação dos Cursos de Graduação) e perfil profissiográfico e habilidades do Curso de Administração de Empresas do Instituto de Ciências Sociais e Comunicação da Universidade Paulista (Unip)”.

2. *Construção do modelo preliminar.* O autor propõe a criação de um projeto de trabalho alternativo na disciplina Matemática, apoiado na metodologia de ensino-aprendizagem de Matemática, via Resolução de Problemas, após o conhecimento dos perfis do Administrador Profissional, dos candidatos ao vestibular do curso de Administração de Empresas, do docente do curso, do grau de conhecimento matemático que os ingressantes trazem, e da atual realidade do Ensino de Matemática no Estado de São Paulo, relativamente ao Ensino Fundamental e Médio.

3. *Relacionamento com idéias dos outros.* Na tentativa de relacionar sua proposta de trabalho, ensino de Matemática para o curso de Administração de Empresas da Unip, apoiado na metodologia de ensino-aprendizagem de Matemática

por meio de resolução de problemas, realizou-se uma pesquisa bibliográfica em nível de graduação e pós-graduação nas três Universidades Estaduais do Estado de São Paulo, e nenhum trabalho de pesquisa semelhante foi encontrado.

4. *Conjecturação.* Assim, é enunciado:

É possível elaborar e desenvolver um novo enfoque da disciplina Matemática a partir de aplicações na área profissionalizante de Administração de Empresas, acompanhado de uma nova ementa e novo conteúdo programático, apoiado na Metodologia de Ensino-Aprendizagem de Matemática via Resolução de Problemas.

5. *Seleção de estratégias de procedimentos de pesquisa.* A escolha de estratégias e procedimentos consistiu das seguintes atividades:

- Análise do perfil do Administrador de Empresas.
- Estudo do perfil do corpo discente.
- Pesquisa do perfil do corpo docente do Curso de Administração de Empresas da Unip.
- Proposição da Metodologia de Ensino-Aprendizagem de Matemática via Resolução de Problemas.

6. *Criação e Aplicação do Projeto.* No projeto foram estabelecidas quatro unidades programáticas:

- Funções.
- Ajustamento de Curvas.
- Seqüências.
- Custo Marginal e Receita Marginal.

Situações-problema desafiadoras e provocadoras são formuladas, com o objetivo de conduzir alunos a pensar, a explorar e buscar suas possíveis soluções, com a finalidade de se construírem novos conceitos matemáticos.

A aplicação do projeto foi realizada em quarenta semanas, em conformidade com o cronograma semanal da disciplina Matemática, constituído de vinte semanas letivas no primeiro semestre e mais vinte semanas letivas no segundo semestre.

7. *Relato dos resultados.* Paulette (2003) finaliza o seu trabalho destacando que os resultados foram muito compensadores, formando subsídios para todos os Cursos de Administração de Empresas; também conclui que a construção da teoria matemática, a partir de situações-problema retiradas do cotidiano da área de Administração, permitiu aos alunos trabalharem em grupo, interpretarem textos, discutirem idéias e proporem soluções. Dessa maneira, a matemática tornou-se mais

visível, agradável, sem perder o rigor; conseqüentemente, com alunos mais motivados, menores foram os índices de reprovação e evasão.

A maioria dos onze trabalhos de pesquisa aqui levantados foram motivados pelas dificuldades de aprendizagem dos estudantes e pelos altos índices de evasão e retenção nas disciplinas da área matemática, inseridos em um ensino excessivamente centrado na forma tradicional de apresentar os conteúdos matemáticos e na manutenção do *status quo* de uma pedagogia que dura várias décadas.

O presente trabalho também tem as mesmas preocupações, mas o diferencial está em analisar a motivação dos alunos para a aprendizagem do Cálculo. Entende-se que sem a motivação do aluno para aprender, as dificuldades em sala de aula continuarão existindo, mesmo porque a motivação é responsável pela potencialização da capacidade de observar, comunicar, deduzir, medir, classificar, prever, e outros processos mais complexos, como: organizar a informação, tomar decisões, analisar variáveis, comparar e contrastar, sintetizar e avaliar (SANTOMÉ, 1998, p. 116).

O que mais se aproxima deste trabalho, em termos Ambientais, é a pesquisa de Calliari (2001), que analisa o ensino de Cálculo para o Curso de Tecnologia em Química Ambiental, com ênfase na problematização contextualizada, **após** a aquisição de novos conhecimentos, como Derivadas e Integrais, para a área de Química Ambiental.

Contrariamente, esta pesquisa propõe a contextualização e/ou a problematização, **antes** do conhecimento matemático em foco, não para apresentar possíveis soluções, mas para conduzir os alunos a pensar e a explorar o(s) elemento(s) matemático(s) constante(s) no texto problematizador, a fim de proporcionar motivação e necessidade de aprendizagem do foco para a compreensão do texto apresentado. Esse texto problematizador, ponto de partida com a finalidade de construir um novo conteúdo matemático, deverá ser interessante e desafiador para os alunos, extraído e selecionado não somente do cotidiano dos estudantes, mas de revistas técnicas periódicas, livros técnicos e outras fontes inerentes à Hidráulica e Saneamento Ambiental, como por exemplo: Engenharia Ambiental, Mecânica dos Solos, Saneamento Ambiental, Poluição Difusa, Métodos e Técnicas de Tratamento de Água, Hidrologia Básica, Abastecimento de Água, etc.

O objetivo é despertar o interesse e a motivação para a aprendizagem do assunto visado, com análises, discussões e debates, procurando junto aos alunos em que contexto e temática se situa o texto problematizador apresentado. Uma vez catalisada a atenção dos estudantes, que percebem a real necessidade de aprender o elemento matemático que permeia o texto, é que se inicia a construção conceitual desse novo elemento e o desenvolvimento das técnicas e habilidades inerentes a esse elemento.

Não em termos Ambientais, mas em termos de Metodologia de Pesquisa Matemática, é o trabalho de Paulette (2003) que se identifica com a presente pesquisa, apesar do seu trabalho estar voltado a uma metodologia de ensino-aprendizagem de Matemática, por meio de Resolução de Problemas para Cursos de Administração de Empresas. As suas situações-problema, também atraentes e provocadoras, têm a finalidade de levar os alunos a discutir, debater e buscar soluções; são as referências iniciais para construir novos conceitos e conteúdos da Matemática.

Aqui, o texto problematizador é da área de Ciências Ambientais, tem também os mesmos objetivos, mas tão somente para constituir fonte de motivação e organização do trabalho em sala de aula, para aprendê-lo, ficando as situações-problema como exercícios aplicativos, para melhorar a compreensão do conteúdo programático desenvolvido. Primordialmente, é uma abordagem na qual cabe ao docente fazer o papel de estimulador e acrescentador de novos interesses e necessidades nos alunos, para criar um ambiente emocional-motivador propício para a aprendizagem do Cálculo.

O capítulo seguinte procura dar um embasamento teórico a esta pesquisa, principalmente, quanto à motivação no contexto escolar. As teorias de aprendizagem da psicologia genético-cognitiva de Piaget, Vygotsky e Ausubel são também referenciadas para apoiar a prática didática dentro da concepção intrínseca da aprendizagem. Uma conceituação de interdisciplinaridade também se faz necessária para melhor entendimento da conexão entre o ensino de Cálculo e as Ciências Ambientais. Isto porque a abordagem interdisciplinar nas escolas se consolidou como um princípio para a Educação Ambiental, posicionando-se numa vertente que critica a educação tradicional e atomista da aprendizagem (GUIMARÃES, M. 2005, p. 36).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A influência dos paradigmas

Este capítulo apresenta os pressupostos teóricos que sustentam a presente investigação, no processo de ensino-aprendizagem de Cálculo, focalizando determinados tópicos, entre os mais relevantes, da motivação do aluno. Para tanto, analisa-se, inicialmente, o que se entende por paradigmas.

Hunter (2007, p.17), retomando as idéias de Adam Smith, diz:

Em seu livro *Powers of Mind*, Adam Smith define “paradigma” como um “conjunto compartilhado de pressuposições”. Esta definição é iluminadora, pois uma pressuposição é algo que aceitamos sem questionar ou objetar. Ao assumirmos um conjunto de idéias como certas, sem verificar se são verdadeiras, e as compartilharmos com outros, temos um paradigma. Encontramos um exemplo perfeito no século XV, quando se acreditava que a terra era plana. Todos aceitavam esse “fato” como verdade e, assim, ele constituía o paradigma dominante da época. E Smith escreveu mais: Um paradigma é o modo como percebemos o mundo; é como a água para o peixe. Um paradigma explica-nos o mundo e ajuda-nos a fazer prognósticos. Quando vivemos em um paradigma, é difícil imaginar qualquer outro.

A analogia de um paradigma com a “água para o peixe” significa que um peixe não sabe que está na água, nadando. Para o peixe saber que existe um outro ambiente, além da água, seria preciso sair da água. Sem sair da água, o peixe é tão cego ao fato de estar nadando na água, como o pássaro ao fato de estar voando no ar. Dessa analogia pode-se concluir que, quando uma pessoa está inserida em um paradigma, e esse paradigma é tudo o que ela conhece, não é fácil imaginar as coisas de qualquer outro modo.

E o autor ainda descreve outra explicação de Willis Harmon:

Em seu livro *An Incomplete Guide to de Future*, Willis Harmon definiu paradigma como “o modo básico de perceber, pensar valorizar e agir associado a uma visão particular da realidade”. E em outro trecho escreveu: “Raras vezes, se é que acontece, um paradigma dominante é descrito com precisão e rigor, pois ele existe de modo inquestionável. É uma compreensão tácita transmitida, por intermédio da cultura, para as gerações sucessivas por meio da experiência direta em vez de ser ensinada.

Harmon vai além da definição de Smith ao dizer que um paradigma é o modo como pensamos em virtude de nossa visão da realidade. E porque não podemos imaginar a vida de qualquer outro modo, ninguém questiona o paradigma. Ele é indiscutível (HUNTER, 2007, p. 18).

À luz dessas definições, é possível considerar que, em qualquer período e em todos os tempos, vive-se num paradigma. As características do paradigma do mundo em que se vive têm impacto direto sobre vida diária de cada um. Portanto, o paradigma no qual vivemos nos aponta o que podemos e não podemos pensar, o que podemos e não podemos fazer e em que devemos acreditar.

Como exemplo, ao retornar à idéia do século XV de que a terra era plana, pode-se concluir que, para as pessoas daquela época, a Terra era, simplesmente, plana. Não é que as pessoas acreditassem que a terra era plana.

Apesar das recentes tentativas de mudanças na constituição das formas de pensamento na sociedade, o paradigma que vivenciamos tem tanto impacto sobre todos nós, quanto o paradigma no século XV tinha sobre as pessoas dessa época.

No campo da educação, Marcondes (2005, p.17) destaca que os paradigmas podem ser vistos como “realizações passadas dotadas de caráter exemplar”. É, portanto, um conceito que está referendado no modelo, no exemplar, e que, a partir de um momento, pressupõe o conceito de aceitação. Relacionado à solução concreta de um problema, passa a ser tomado como um modelo a ser seguido, como um conjunto de crenças e práticas partilhadas por um grupo, em função da validação consensual que se faz em torno dele. Tomemos, como exemplo, a organização disciplinar dos currículos. Trata-se de um paradigma, ainda vigente, apesar de hoje ser questionada a sua validade.

Lück (2007) ressalta que

as disciplinas ou corpos de conhecimento especializado foram construídos a partir de um paradigma teórico-metodológico que norteou a determinação da visão especializada de mundo, centrado, sobretudo, nas proposições de Descartes e Newton, combinando empirismo e lógica formal. (LÜCK, 2007, p.41).

Sendo assim, a disciplina é o resultado da perspectiva positivista, um paradigma, que orienta a produção do conhecimento, centrado na transmissão sistemática dos conhecimentos às novas gerações. Essa concepção da ciência moderna ordena a transmissão regulada da cultura, ao fazer das disciplinas a única forma de ensinar, privilegiando o fazer repetitivo do saber.

Na verdade, esse é o reflexo, na Educação, do desenvolvimento do sistema de massa na produção industrial, introduzido no início do século passado, nas linhas de montagem, para a fabricação de automóveis.

São dois os pressupostos fundamentais do condutismo: primeiro, a consideração da aprendizagem como um processo cego e mecânico de associação de estímulos, respostas e recompensas extrínsecas, e em segundo, “a crença no poder absoluto do reforço, sempre que se apliquem adequadamente sobre unidades simples de conduta” (PERÉZ GOMÉZ, 1998, p.31).

Especificamente, no ensino de Cálculo, o paradigma dominante, decorrente da organização disciplinar dos currículos, produz o isolamento do campo, fruto de uma visão estreita e corporativa que busca delimitar fronteiras, para resguardar esse campo da indesejável invasão de outros campos (MENDONÇA, 2005, p.70).

O regime de seriação escolar, desde o ensino fundamental até os pré-requisitos disciplinares, nos cursos superiores, são exemplos de como a representação cartesiana de conhecimento permeia os sistemas escolares. Esse modelo cartesiano é um verdadeiro paradigma do conhecimento matemático, adotado pela maioria dos professores de Cálculo (REZENDE, 2003, p.39).

A predominância da seqüência “Cauchy-Weierstrass”, ou seja, a seqüência “Limite-Continuidade-Derivada-Integral” na organização didática dos conteúdos programáticos de Cálculo, consagrada no século XIX (BARUFI, 1999, p.159), é um outro paradigma usado no desenvolvimento dos cursos de Cálculo, na maioria das instituições de nível superior. Esses paradigmas são ainda eficientes?

A prática tem demonstrado ser necessário despertar uma reflexão a respeito desses paradigmas existentes, a fim de possibilitar uma inserção adequada do ensino de Cálculo num contexto de mudanças, para superar modelos justapostos de ensino dos conteúdos e romper com práticas que não têm produzido resultados satisfatórios.

Contra o predomínio desses enfoques que não têm trazido soluções para os problemas educacionais, contra as posições epistemológicas que sustentam estas teorias e contra sua aplicabilidade na área de ensino e da modificação da conduta, aparecem novos enfoques e novos paradigmas. Estes à luz da perspectiva construtivista de “colocar em ação situações de conhecimentos, que se desenvolvem progressivamente, segundo um processo de crescimento, e que são o recurso da construção de novos conhecimentos” (LENOIR, 2006, p.65).

Essa concepção da ciência pós-moderna ressalta a importância do funcionamento das variáveis endógenas, até então ignoradas, como mediadoras dos processos de aprendizagem. É o paradigma psico-cognitivista do ser humano que

rompe, entre outros, com a visão da motivação extrínseca. Considera a motivação intrínseca o eixo motor de toda aprendizagem.

Esse rompimento epistemológico e instrumental exige que se rompa também com a prática disciplinar, substituindo-a pela interdisciplinar. Isto nos leva a apresentar os fundamentos norteadores de uma nova concepção de motivação e da prática interdisciplinar.

## 2.2 Evolução histórica do conceito de motivação

A *motivação*, tal como é conhecida nos dias atuais, é relativamente recente. Ou seja, de um modo geral, o *motivo* desencadeia a *motivação*. É aquilo que move uma pessoa ou que a põe em ação ou faz mudar de curso. Para muitos, a *motivação* tem sido compreendida como um fator psicológico ou conjunto de fatores, ou como um processo. Mas existe um consenso geral quanto à dinâmica desses fatores psicológicos ou do processo, em qualquer atividade do indivíduo: eles fazem iniciar um comportamento direcionado a um objetivo, impulsionando a ação na direção de metas.

Antes da Revolução Industrial, a forma de motivar os funcionários consistia na utilização de punições, não só de natureza psicológica e física como também de natureza financeira, e assim gerar um ambiente de medo.

A Revolução Industrial trouxe mudança nos padrões exigidos para a eficiência dos processos industriais e a exigência de retorno dos investimentos, ocasionando transformações nas relações de trabalho (CASADO, 2002, p. 249).

A partir de então, passou-se a exigir maior eficiência dos trabalhadores, com a responsabilidade de gerentes e supervisores recrutarem pessoas adequadas para cada posição de trabalho, como também de treiná-las de modo a exercerem o controle para a garantia de resultados. Essa filosofia de gestão, conhecida como *administração científica*, se caracteriza como um modelo tradicional defendido por Frederick Taylor em 1911. As execuções operacionais de trabalho tornaram-se mais padronizadas e rotineiras, a começar pela fragmentação de funções e cargos nas linhas de montagem. O ambiente punitivo foi substituído pela crença de que o fator financeiro é o principal incentivo à *motivação*, com o objetivo de induzir a produzir sempre mais, mais rápido e melhor.

Na subjacência do modelo tradicional, a motivação passa a ser um tópico, quando o sentido do próprio trabalho desaparece ou se perde, em função da crescente divisão e fragmentação do trabalho, gerada pela excessiva busca de resultados.

Não é uma perspectiva iluminadora da natureza humana, por não considerar o subjetivismo do homem, e transforma sua atuação profissional a mera relação com um sistema que o controla e dirige.

Com o passar do tempo, o *modelo tradicional* de incentivo à produtividade máxima começa a apresentar os primeiros problemas. A busca por maiores salários e a própria garantia no trabalho resultaram em um sistema que, ao aumentar a eficácia do trabalho, reduzia o número de funcionários necessários à produção.

Drucker (1977, p. 315) *apud* Bergamini (2006, p. 21) destaca o caráter perverso desse tipo de tratamento baseado em incentivos econômicos, já que estes acabam-se tornando direitos em vez de recompensas. A demanda crescente por recompensas materiais destitui a utilidade destas, como incentivo e como instrumento administrativo.

Como conseqüência da inadequação da *administração científica*, em enxergar o ser humano e as novas necessidades no âmbito organizacional, surge, nos fins dos anos 1920, o *modelo das relações humanas* que se fundamentava em considerar o ser humano na sua totalidade. A forma de motivar os empregados deveria caracterizar-se na ênfase do comportamento social dos mesmos.

A estratégia motivacional, nesse novo modelo, era fazer com que as pessoas se sentissem úteis e importantes, e se considerassem parte integrante de um grupo social, mas sem esquecer o reconhecimento individual a cada uma delas.

À luz dessa nova diretriz, os trabalhadores deveriam conhecer de forma tão ampla quanto possível a respeito da organização, emitindo opiniões nas estratégias produtivas e administrativas. As recompensas dos esforços no trabalho passaram a ser coletivas em vez de incentivos individuais. Assim, a motivação estava sendo considerada como parte integrante de um processo em grupo.

Nas décadas subseqüentes, surge um terceiro modelo de abordagem da motivação: o *modelo dos recursos humanos*. Trata-se de uma abordagem mais complexa da natureza humana, em que o fator financeiro, os aspectos sociais, o trabalho em si e as perspectivas de crescimento se inter-relacionam na dinâmica motivacional.

O modelo centraliza-se no fundamento de que diferentes pessoas possuem diferentes fatores motivacionais, no engajamento de um determinado tipo de trabalho. Além de possuírem diferentes habilidades e talentos, próprios a um único indivíduo, buscam modos de satisfação distintos e contribuições diferentes a serem oferecidos à organização.

Nessa linha de pensamento da motivação humana no trabalho, Casado (2002, p. 250) apresenta algumas convicções básicas sobre a natureza do homem:

A primeira é que o indivíduo quer contribuir para e com seu trabalho; a segunda, que o trabalho não é algo ruim nem aversivo em si mesmo; a terceira julga que os empregados podem influir positivamente nas decisões sobre seu trabalho numa direção que favoreça a qualidade para a organização; e, finalmente, a quarta considera que o incremento da complexidade da tarefa, assim como o controle de sua execução pelo próprio trabalhador, é um fator que aumenta a satisfação do empregado.

Uma das características, no *modelo dos recursos humanos*, é que a atitude do gestor não se dá no sentido de manipular, mas de estabelecer com os demais empregados uma parceria em que as habilidades de cada um, bem como seus objetivos, sejam consideradas objetivamente na direção de ações eficazes e produtivas.

Se, antes, o desafio era descobrir o que se deveria fazer para motivar as pessoas, mais recentemente a preocupação é perceber-se que cada um já traz, de certa forma, dentro de si, suas próprias motivações. Portanto, o interesse é encontrar e adotar recursos organizacionais capazes de não sufocar as forças motivacionais inerentes às próprias pessoas, ou seja, agir de tal forma que as pessoas não percam a sua sinergia motivacional.

Assim, a *motivação* é considerada agora como um fator intrínseco às pessoas; ninguém pode, por isso mesmo, motivar ninguém, sendo que a motivação específica para o trabalho depende do sentido que se dá a ele (BERGAMINI, 2006, p. 24).

### **2.3 Natureza intrínseca da motivação**

A grande maioria das pesquisas sobre a motivação humana ateu-se mais aos aspectos pragmáticos. Muitas vezes, importa conhecer *o que* motiva, em vez de estudar *como* se dá a psicodinâmica motivacional.

No campo do comportamento organizacional, tal forma de analisar a motivação parece ser fundamental, porque conhecer os fatores reais que determinam os mais diferentes níveis de satisfação, no trabalho, resultaria em maior produtividade (BERGAMINI, 2006, p. 81). Especialmente em sala de aula, o conhecimento do professor sobre o que motiva o aluno a estudar seria um fator determinante para um rendimento escolar positivo.

Assim conhecendo, a priori, os objetivos perseguidos pelos trabalhadores ou os interesses dos alunos na aprendizagem, poderia adotar-se a metodologia do “estimular” ou “provocar” a motivação, por intermédio do uso de “recompensas” que estivessem disponíveis no meio ambiente.

Acreditou-se que esses fatores fossem os responsáveis pela maior ou menor produtividade alcançada e o esforço feito pelo trabalhador. Portanto, quanto maior for a recompensa pelo esforço, maior seria a satisfação de cada um, o que deveria atingir necessariamente níveis cada vez maiores de produtividade.

Conseguir a satisfação dos trabalhadores, através de medidas de compensação pelo bom desempenho, acabou sendo confundida com a própria motivação para executar o trabalho. Um estudo mais profundo da situação revela que esses dois conceitos são, na verdade, independentes. Assim, é importante destacar a necessidade da compreensão real do processo interno, ou seja, em que consiste a psicodinâmica interior da motivação.

A psicodinâmica motivacional é uma função de diversas variáveis ligadas ao cargo em si, às características individuais e aos resultados que o trabalho possa oferecer. Não estabelecer distinção entre a motivação e a antecipação das recompensas almejadas pelas pessoas constitui um modelo pragmático do processo motivacional. Como bem salienta Bergamini (2006, p. 82), “o desafio não é tanto compor uma lista de agentes motivacionais, nem sequer classificá-los por ordem de importância, mas, sobretudo, isolar e descrever diferentes processos psicológicos responsáveis pela motivação como um encadeamento dinâmico de natureza intrapsíquica”.

Para Gooch e McDowell (1988, p. 51) *apud* Bergamini (2006, p. 82):

Muito freqüentemente, as pessoas não fazem aquilo que lhes pedimos que façam, simplesmente porque elas não querem fazer esse tipo de trabalho [...]. A motivação é uma força que se encontra no interior de cada pessoa e que pode estar ligada a um desejo. Uma pessoa não consegue jamais motivar alguém; o que ela pode fazer é estimular a

outra pessoa. A probabilidade de que uma pessoa siga uma orientação de ação desejável está diretamente ligada à força de um desejo.

Portanto, entende-se que a *motivação* é um impulso que nasce de dentro e que tem suas fontes de energia no interior de cada pessoa.

É cada vez mais freqüente a importância dada às fontes intrínsecas de energia motivacional pela maioria dos estudiosos no assunto, ficando sempre subjacente a convicção de que nada se pode fazer para conseguir motivação de um indivíduo, a não ser que ele mesmo tenha predisposição espontânea para tanto: a capacidade de executá-lo (aptidão) e a ter a vontade (motivação). Nessa linha de pensamento, Lévy-Leboyer (1994, p. 40-41) *apud* Bergamini (2006, p. 83) acrescenta:

Nosso propósito aqui não é o de analisar os determinantes do desempenho, mas somente situar e definir concretamente a *motivação*. Tenhamos em mente, então, que essencialmente se trate de um processo que implica a vontade de efetuar um trabalho ou de atingir um objetivo, o que cobre três aspectos: fazer um esforço, manter esse esforço até que o objetivo seja atingido e consagrar a ele a necessária energia. Em outros termos, por *motivação* entende-se, ao mesmo tempo, a direção e a amplitude das condutas, que comportamentos são escolhidos, com que vigor e intensidade.

É fácil perceber que as pessoas consagram mais tempo às atividades para as quais estão motivadas, e não vêem o tempo passar, enquanto desempenham tal atividade. Contrariamente, se não há motivação, o dia de trabalho é longo e extenuante.

A motivação é considerada como uma força propulsora que tem as suas origens alojadas dentro de cada um, e que a satisfação ou a insatisfação que pode oferecer fazem parte integrante de sentimentos diretamente acessíveis somente a quem os experimenta. Daí, a grande dificuldade de estudar o fenômeno motivacional, por não conseguir estabelecer testes para a avaliação percentual de motivação a cada diferente tarefa.

É preciso cuidado sobre as dificuldades ou restrições que se deparam, quando se trabalha com pessoas realmente motivadas. Se fosse possível entender e prever a forma com que as pessoas são motivadas, elas poderiam ser influenciadas de modo a alterar os componentes desse processo de motivação. Essa percepção poderia levar à obtenção de muito poder, a permitir o controle do comportamento, sem as armadilhas visíveis e impopulares do controle.

Os primeiros estudos sobre motivação mostram a preocupação de identificar as maneiras pelas quais a pessoa poderia ser motivada a aplicar mais do seu esforço e inteligência a serviço do seu empregador. Entretanto, mesmo esses estudos apontam preocupações em encontrar uma resposta que seja coerente com a dignidade e independência essenciais do indivíduo.

Bergamini (2006, p. 84) acrescenta que:

As pessoas entram em ação por várias razões. Há, no entanto, grande diferença entre o movimento que se origina das reações aos agentes condicionantes extrínsecos ao indivíduo e a motivação que nasce das necessidades internas e que tiram a sua fonte de energia dessas necessidades e emoções. Sob esse aspecto, parece mais correto falar em motivação real quando ela for compreendida como um movimento que, analisado sob a perspectiva externa, caiba dentro da categoria de ação gratuita, sem causa claramente visível.

A visão robotizada do ser humano proposta pela *administração científica*, que especializou e subdividiu o trabalho do homem, de maneira lógica, do ponto vista cibernético, fez com que ele perdesse a noção da sua perspectiva de vida. Assim, é possível compreender como o homem foi-se deixando desmotivar, perdendo o significado da sua vida de trabalho e, portanto, de si mesmo e da sua vida pessoal. Como não foi possível entender e nem diagnosticar a problemática da desmotivação, os recursos utilizados pelas *teorias administrativas* e *organizacionais* fundamentadas na simplicidade, repetição e facilidade de controle foram nada conclusivas. As crises de desmotivação se acentuaram, e, com o tempo, passaram a admitir como normal o fato de que não se precisa estar motivado para se levar uma vida de trabalho produtivo. Mesmo reconhecendo que foram inúmeros os enganos cometidos, na tentativa de se atingir o verdadeiro significado da motivação, sempre haverá ocasião favorável para percorrer novos caminhos, e isso depende não só de cada um, mas principalmente de todos ao mesmo tempo.

## **2.4 Motivação do aluno no contexto escolar**

O presente trabalho pretende analisar os aspectos motivacionais do aluno, no ensino e aprendizagem da disciplina Cálculo do Curso de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento Ambiental da FATEC-SP.

Após as considerações apresentadas sobre a motivação no âmbito geral, direciona-se, a partir de agora, exclusivamente para o ambiente de aprendizagem

escolar. No contexto específico de sala de aula, as diferentes tarefas que os alunos desenvolvem, para cuja execução e persistência devem estar motivados, têm características particulares que as diferenciam das estratégias gerenciais, nas organizações igualmente dependentes de motivação.

Segundo Bzuneck (2001, p. 9-31), “o aluno deve executar tarefas que são maximamente de natureza cognitiva, que incluem atenção e concentração, processamento, elaboração e integração da informação, raciocínio e resolução de problemas”.

No enfoque construtivista, o aluno é o protagonista de sua aprendizagem, cabendo-lhe realizar tarefas que ninguém pode fazer por ele. O envolvimento ativo nas atividades pertinentes ao processo de aprendizagem consiste na aplicação de esforço, no processo de aprender, e na sua persistência até a concretização de metas. Já para o desmotivado, o estudar não tem muito significado para a sua vida, e, portanto, a falta de esforço, pouca dedicação e a facilidade em desistir de atividades mais complexas são algumas das suas características marcantes. Esforços esporádicos não são suficientes para se ter um envolvimento total de qualidade. É esse envolvimento que faz cristalizar os conhecimentos adquiridos no dia-a-dia, permitindo enfrentar tarefas desafiadoras que cobram maior empenho e persistência.

Assim, a motivação mediante esforço, perseverança e envolvimento de qualidade conduz a um resultado final, que são as experiências e conhecimentos construídos, e as novas capacidades e habilidades adquiridas, que são produtos de aprendizagem ou formas de desempenho socialmente valorizado. Esses produtos, muitas vezes, não são fáceis de identificar e nem tampouco surgem necessariamente de imediato.

Entretanto, a maioria dos professores sabe que se um aluno é motivado para a aprendizagem de uma determinada matéria, os resultados podem ser surpreendentes, muito acima das expectativas baseadas em outras características pessoais. Contrariamente, um aluno desmotivado tem o seu rendimento muito abaixo do desejável, ou seja, o seu desempenho é sofrível, fato lamentável, quando se trata, por exemplo, de alunos com boa formação dos ciclos anteriores.

Em geral, a semestralidade das disciplinas é o mais freqüente no curso superior, tempo relativamente curto para os docentes buscarem resultados específicos e não-mensuráveis relacionados com a motivação. Assim, é comum eles

visarem a que seus alunos cheguem a resultados quantificáveis como ocorre com as notas. Na prática, de alguma forma, a motivação do aluno tem relação com esse tipo de resultado. “E não há nenhuma dúvida de que, educacionalmente, se deva aspirar pelos mais altos resultados que cada aluno possa conseguir” (BZUNECK, p.13).

No entanto, as tendências recentes dos estudiosos relacionadas com a motivação apontam para focar o desenvolvimento da criatividade, o pensamento crítico, as estratégias adaptadoras de aprendizagem e a formação de aprendizes para a vida toda, entre outras.

Maia (2006, p. 46) enfatiza que “aprender, seja lá o que for, tem que ser estimulante, motivante, interessante. Tem que gerar mais vontade de aprender, tem que estimular a criatividade, a curiosidade [...]. Aprender tem que estar vinculado a um instinto básico de sobrevivência, uma forma de conquista, de ir além”.

Realmente, em paridade com outras condições, a ausência da motivação representa uma queda na qualidade das tarefas de aprendizagem. Os alunos sem motivação para o estudo estudam muito pouco ou nada e, portanto, aprendem muito pouco. Em última instância, configura-se uma situação educacional que impede a formação de profissionais qualificados para o mercado de trabalho e com a formação integral dos valores do indivíduo.

Professores não só do ensino superior, mas também dos ciclos anteriores, se queixam da falta de assiduidade dos alunos, daqueles que não apresentam uma dedicação desejável aos estudos, e até mesmo comportamentos de indisciplina. Se o rendimento é baixo ou, no final, é reprovado, justifica-se que o aluno não estava motivado para os estudos. Essa atribuição de causalidade pelo insucesso dos alunos exige certo cuidado para interpretações conclusivas.

Stipek (1993) *apud* Bzuneck (2001, p.14), alerta

para as dificuldades de se identificar, nas situações concretas, qual é o aluno que sofre de problemas de motivação e de que problema. Existem alunos que parecem estar muito atentos em classe, quando sua mente está realmente ocupada com assuntos totalmente estranhos. Certos comportamentos desejáveis na sala de aula e até um desempenho escolar satisfatório podem mascarar sérios problemas motivacionais, enquanto que um mau rendimento em classe pode, às vezes, não ser causado simplesmente por falta de esforço, ou seja, por desmotivação. Dessa forma, além da avaliação dos desempenhos e da consideração de comportamentos abertos, a identificação de reais problemas de motivação depende de um conhecimento mais acurado do aluno, de seu nível de capacidade, seus conhecimentos prévios, os métodos de estudo e até a disponibilidade de recursos. Infelizmente, porém, as interações

que ocorrem normalmente durante as aulas não parecem suficientes para propiciarem tal conhecimento mais acurado.

Também, não se deve generalizar de forma aleatória a ocorrência da desmotivação entre os alunos. Dependendo da instituição, do curso e do professor, esse problema pode ser bem restrito, e talvez até inexistente. Por outro lado, em muitas escolas, as queixas freqüentes dos docentes e coordenadores de área permitem inferir que existe a possibilidade de que o fenômeno seja mais freqüente do que se possa imaginar.

É tolerável que um aluno, em determinadas circunstâncias, tenha a chama de sua motivação diminuída, mas o que causa preocupação é a freqüência dessa condição negativa. Comportamentos e atitudes em sala de aula que refletem essa condição habitual mostram a apatia pela aula em si: o não-cumprimento dos deveres básicos de casa ou de um trabalho em classe, a falta de iniciativa nas discussões interpessoais, a facilidade de distração, o fato de não gostarem de participar dos trabalhos em grupo; outros se escondem ou dormem.

Ainda sobre o aspecto da intensidade da motivação, não se deve pensar que a sua relação com desempenho é simplesmente linear: níveis excessivamente elevados de motivação podem acarretar estado fadigoso, em que a emoção negativa da alta ansiedade prejudica o desempenho acadêmico e da aprendizagem.

Não fraca, mas não absolutamente a mais alta, é a motivação ideal no contexto escolar. Ambos os extremos são nocivos, porque uma “motivação da melhor qualidade não significa que deva ser a mais intensa, devendo também apresentar menos componentes psicofisiológicos do que supõem as concepções tradicionais de despertar e de impulso” (BZUNECK, p.18).

Outro aspecto mais qualitativo da motivação se refere aos que apresentam menor envolvimento com a aprendizagem. Estes estão mais preocupados com notas, certificados e não serem reprovados na disciplina. Ou ainda, visam a não aparecerem perante a classe como fracassados ou aparecerem como os primeiros da classe.

Sobre a falta de confiança e de um maior engajamento dos alunos, Turner (2002) analisa que as estratégias de ensino, dirigidas para as funções cognitivas de ensino, podem não ser suficientes para os alunos se sentirem confiantes na aprendizagem matemática. Os alunos também precisam de suportes motivacionais e afetivos na interação com seus professores e colegas da classe. Quando o professor

tem espírito motivador, atitudes entusiastas e responsabilidade no trato com seus alunos, a tendência é cultivar uma confiança de modo a maximizar um engajamento cada vez maior em assumir tarefas desafiadoras. O professor pode estabelecer patamares ascendentes de motivação, para criar um ponto ótimo na *zona motivacional do desenvolvimento proximal* (conforme 2.7). Este componente motivacional na prática educativa atrai o interesse dos estudantes em manter e sustentar a persistência, minimizando frustrações e riscos ou aumentando a confiança dos estudantes. Esses aspectos permitem um envolvimento maior dos alunos em imprimir esforços e persistência, e, portanto, tornando menos provável se preocuparem em parecerem incapazes.

Rodgers e Withrow-Thorton (2005) analisam como um determinado tipo de material instrucional utilizado em sala de aula afeta a motivação para o aprender. Para isso apresenta o modelo desenvolvido por Keller (1987), onde define a necessidade de quatro características básicas do ser humano para uma pessoa aprender: atenção, relevância, confiança e satisfação.

Atenção. A atenção do aluno precisa ser alcançada e sustentada. O material de ensino, na abordagem dos conteúdos, necessita de uma estratégia para atrair a atenção do aluno com relação ao material instrucional. Atingido este objetivo, é preciso uma estratégia de sustentar esta motivação, que é empregada para manter a atenção para as metas visadas. Junto com isso, existe a capacidade do material utilizado para estimular a curiosidade do aluno em aprender cada vez mais.

Relevância. É necessário que o material instrucional usado mostre que a informação contida é importante para o aluno e que se relaciona com o seu curso ou com outros objetivos pessoais.

Confiança. Um sério obstáculo na motivação é a incapacidade do aluno em manter confiança na sua capacidade de aprender o assunto. Frustrações com a complexidade de uma matéria podem diminuir a chama da motivação. Por outro lado, confiança demais pode produzir efeito nocivo, pois o aluno deixa escapar detalhes importantes, por achar que o assunto já é demais conhecido.

Satisfação. O aluno precisa estar satisfeito com a experiência da aprendizagem a fim de manter a motivação. A satisfação pode se manifestar de forma extrínseca ou intrínseca. Recompensas extrínsecas, como conseguir notas altas, receber o diploma, ou outros meios materiais, ajudam a proporcionar motivação. Entretanto, as recompensas intrínsecas são igualmente importantes.

Receber *feedback* positivo através da interação, aumentando a auto-estima para aprender mais sobre o assunto e a capacidade de controlar sua própria aprendizagem são exemplos de recompensas intrínsecas.

Bacete e Betoret (2000) apresentam uma proposta para melhorar a motivação em sala de aula, dirigida fundamentalmente para os três elementos chaves que integram a *situação educativa*: professor, alunos e conteúdo. Considera-se a *situação educativa* como o cenário real onde tem lugar o processo de ensino-aprendizagem, através de uma ampla gama de interações entre os três elementos.

A aplicação da proposta de desenvolvimento motivacional é distinguida por três momentos: *antes*, *durante* e *depois* do processo instrucional da aula. Cada um dos momentos apresenta características instrucionais distintas, o que requer estratégias motivacionais também diferentes. O momento *antes* corresponde ao planejamento da aula do professor, que é implementada posteriormente em sala de aula. O momento *durante* se identifica com o ambiente da classe, envolvendo um amplo leque de interações e que corresponde a pôr em prática o plano de aula elaborado. O momento *depois* está relacionado com a avaliação final, assim como uma reflexão conjunta sobre o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, que permita corrigir possíveis erros e enfrentar novos desafios.

Momento antes. Em primeiro lugar é conveniente realizar um diagnóstico prévio para o planejamento da aula, conhecendo as expectativas, as necessidades e também as limitações dos estudantes. Somente partindo dessas condições se podem gerar estratégias motivadoras em sala de aula. Para que a nova aprendizagem dos alunos resulte em uma motivação intrínseca na construção ativa de novos significados, aposta-se em um planejamento sistemático e rigoroso das situações de ensino por parte do professor, devendo contemplar pelo menos três aspectos:

- As características dos conteúdos (objeto de ensino) e os objetivos correspondentes,
- A competência (nível evolutivo e os conhecimentos de partida) dos alunos, e
- Os diferentes enfoques metodológicos que são possíveis de adotar (apresentar de forma atrativa a situação de aprendizagem) para facilitar a atribuição do sentido e significado das atividades e conteúdos de aprendizagem.

Momento durante. Outras atuações do professor, para melhorar a motivação dos alunos, estão orientadas para criar um ambiente afetivo, estimulante e de respeito durante o processo instrucional na aula. Gerar um clima afetivo significa

relacionar-se de forma cordial com os alunos, através de uma série de atitudes ou comportamentos, como: dirigir-se aos alunos pelo seu nome, aproximação individualizada e pessoal, uso de humor (permite uma maior distensão), reconhecimento de falhas, etc. Há muitas formas de criar um clima instrucional que são estimulantes para a aprendizagem. Um exemplo seria romper a monotonia do discurso criando continuamente desequilíbrios cognitivos. Os filmes de “suspense” nos mantêm atentos na tela, porque criam desequilíbrios de forma continuada. Os docentes também podem criar desequilíbrios em aula, perguntando, gerando interrogantes, etc. Outra forma de estimular o interesse dos alunos é relacionar o conteúdo com suas experiências, com o que conhecem e que são situações familiares. Também é estimulante envolver os estudantes com uma variedade de atividades em que se fomente a participação, o trabalho cooperativo e a utilização de material didático alternativo.

Momento depois. Em primeiro lugar, é preciso evitar ou minimizar as emoções negativas, como a ansiedade-estresse, que aparecem nos momentos de controle ou de provas, como as pesquisas têm demonstrado sobre o tema. Nesse sentido, é recomendável evitar comparações entre determinados alunos, procurando valorizar o esforço pessoal realizado em função das suas possibilidades e limitações. Periodicamente, depois das aulas, é muito interessante realizar auto-avaliações conjuntas, professor e alunos, sobre o desenvolvimento do processo instrucional realizado, expressando, de forma sincera, as emoções e sentimentos experimentados durante a aula, assim como o reconhecimento de falhas. Também é conveniente gerar novos interrogantes (desequilíbrios cognitivos), depois de cada lição, que estimulem nos alunos o desejo continuado de aprender.

Essas e outras atuações do professor são apontadas para evitar os repetidos fracassos, que os sujeitos da aprendizagem experimentam, não tanto por suas atitudes, mas pela falta de motivação que os conduzem a desenvolver crenças de falta de competência e, conseqüentemente, baixas expectativas de êxito e rendimento escolar.

Antes de apresentar os estudos contemporâneos sobre a motivação da aprendizagem do adulto, cabem aqui duas considerações finais a respeito de problemas de motivação de alunos. A primeira refere-se à sua generalização. Um aluno não é necessariamente desmotivado para tudo na escola. Ele pode estar desmotivado em alguma disciplina apenas ou em algumas áreas do seu curso.

Essas distorções na motivação ocorrem por motivos diversos, apontados pelas teorias e comprovados em pesquisas. É possível dizer que o problema pode estar restrito, limitado a outras situações da disciplina, ou ao professor, ou à fase que caracteriza a evolução do aluno, entre outras.

A outra consideração é a gradação dos problemas. Principalmente, nas turmas em que se encontram alunos calouros e veteranos (os que fazem a disciplina pela segunda vez ou mais), constata-se que, em uma ponta, se encontram os casos relativamente simples (os que se julgam com “falta de base”, pouco tempo para estudar em função do trabalho, residem muito longe da escola, etc.). No outro extremo, os alunos que foram reprovados várias vezes na disciplina, cuja motivação negativa está extremamente acentuada, nada fazem para sair da situação crítica em que se encontram.

O papel de cada docente é fundamental, como também o da escola, como um todo, para corrigir ou, pelo menos, atenuar os diferentes problemas de motivação, que se verificam nos alunos e para otimizar a motivação de forma sustentável para a aprendizagem disciplinar.

Como a presente pesquisa se situa no contexto do ensino superior, é oportuno que se tenham em mente algumas deferências sobre a aprendizagem e desenvolvimento dos adultos e dos modelos de desenvolvimento cognitivo, que orientem e subsidiem o saber e a prática na sua formação. Essa é a exposição que se segue.

## **2.5 Aprendizagem dos adultos**

As tendências atuais no estudo da motivação do aluno vieram de estudos com uma abordagem cognitivista, que focalizou essa variável no contexto de sala de aula, em uma determinada disciplina e, por vezes, em determinado curso e nível de escolaridade.

Segundo Legendre (1998, p. 155), as pesquisas realizadas nas últimas décadas, à luz da teoria cognitivista, se destacaram pelas *representações prévias* do aluno e pelo seu impacto no desenvolvimento e aquisição de novos conhecimentos.

As *representações prévias* são sistemas de conhecimentos relativamente estruturados ou modos de organização dos conhecimentos adquiridos anteriormente, a partir das suas experiências, que interferem na motivação da aprendizagem de

novos conhecimentos. Não só a criança ou o adolescente em desenvolvimento, mas o adulto também é portador de representações intuitivas que interferem, em geral, nos conteúdos do ensino.

Por outro lado, estes conhecimentos anteriores não são redutíveis aos instrumentos de raciocínio, de que dispõe o aprendiz para estruturar a informação. Eles estão, igualmente, relacionados com a bagagem de conhecimentos e de experiências, que o sujeito acumulou em relação com diversos campos ou domínios do saber. O que significa que uma competência não assenta unicamente no domínio de determinadas ferramentas cognitivas elaboradas no decurso do desenvolvimento, mas igualmente nas muitas aprendizagens efetuadas pelo sujeito, seja num contexto de aprendizagem formal ou informal (LEGENBRE, 1998, p.158).

Apesar de os primeiros trabalhos sobre as *representações prévias* terem dado ênfase aos obstáculos à aprendizagem, estes conhecimentos anteriores têm papel primordial na aquisição de novos conhecimentos, porque, num processo de formação, eles constituem a matéria-prima com base na qual se constrói todo o novo conhecimento. O aprender não pode ser entendido somente como um acúmulo de um número de conhecimentos essenciais, mas também no processo de intervir nas representações iniciais, para transformá-las de modo a permitir a aquisição de uma competência. São inúmeros os significados de competência. Entretanto, entende-se aqui como “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles” (PERRENOUD, 1999, p. 7).

Para compreender a natureza das transformações e, por conseguinte, entender a motivação para a aquisição de competências, as teorias de Piaget e de Vygotsky constituem quadros de referência para os pesquisadores de destaque, nas últimas décadas. A psicologia cognitiva reconhece a influência tanto dos mecanismos internos do pensamento como das *representações prévias*, no processo de aprendizagem.

Para a análise dos processos de desenvolvimento dos conhecimentos, apresenta-se a seguir a contribuição da perspectiva piagetiana.

## **2.6 Pensamento piagetiano para desenvolvimento e aprendizagem**

É, sem dúvida, muito difícil e até comprometedor, fazer uma síntese de uma teoria tão rica, tão estruturada e tão fecunda como a teoria de Piaget sobre o

desenvolvimento cognitivo. Desde o seu extraordinário trabalho focado nos princípios e proposições, suas idéias não deixaram de se impor e se desenvolver, desde os anos 1960 até os dias de hoje. Bruner, Inhelder, Flavell e Ausubel são alguns dos representantes desta vasta e fecunda corrente. Os estudiosos da Psicologia defendem que os resultados teóricos de suas pesquisas são atualmente imprescindíveis para a compreensão da complexidade da aprendizagem humana (PÉREZ GÓMEZ, 1998, p. 35).

O centro da concepção piagetiana é a indissociabilidade dos processos de desenvolvimento e de aprendizagem na evolução dos conhecimentos. É uma teoria de etapas que pressupõe a evolução do homem, passando por uma série de mudanças ordenadas e previsíveis. Descreve as estruturas de funcionamento da mente humana, desde o nascimento até à adolescência, com ênfase nas mudanças qualitativas do pensamento da criança e apontando as diferenças essenciais de como a criança pensa, quando comparada a um adulto.

Para Piaget o desenvolvimento cognitivo é um sistema aberto, permeável às influências do meio. O ser humano não nasce com a inteligência pronta. Ela se define por um processo de construção, em dupla dimensão: a biológica, que é o processo de adaptação de que o indivíduo é dotado ao nascer e, a lógica, construída a partir da ação reflexa pelas interações sujeito-meio. E essa interação ocorre através de dois processos simultâneos: a organização interna e a adaptação ao meio, funções exercidas pelo sujeito ao longo da vida.

A direção da evolução dos conhecimentos e os mecanismos em jogo, na passagem de um nível de estruturação para outro mais elaborado, não se reduz a uma simples variação quantitativa, mas implica uma transformação dos próprios sistemas de pensamento. É por esta razão que a aprendizagem é indissociável do desenvolvimento (LEGENDRE, 1998, p.161).

Do ponto de vista piagetiano, a problemática das relações entre desenvolvimento e aprendizagem pode ser considerada sob a ótica da evolução solidária de dois tipos de conhecimentos, que vão gradativamente elaborar-se em função uns dos outros:

- *os conhecimentos físicos* –, que se referem aos objetos ou conteúdos do conhecimento e são alcançados por meio das inúmeras interações com o mundo exterior, podendo ser associados à aprendizagem, cuja evolução é manifestada pela conquista progressiva de uma maior objetividade na compreensão do real.

- *os conhecimentos lógico-matemáticos* –, que são relativos às próprias ações sobre o real, isto é, aos instrumentos cognitivos que se utilizam para a aprendizagem, podendo ser associados ao desenvolvimento; neste caso, a sua evolução revela-se pela construção gradual das estruturas operatórias da inteligência.

Portanto, “desenvolvimento e aprendizagem remetem para a distinção entre as formas (estruturas) e os conteúdos (objetos) do conhecimento, bem como para os tipos de interações que os ligam” (LEGENDRE, p.162).

Assim, o estudo do desenvolvimento das estruturas operatórias da inteligência insere-se numa perspectiva epistemológica da abordagem construtivista do desenvolvimento dos conhecimentos, o que caracteriza a natureza inacabada do pensamento.

O modelo de equilibração se constitui em um processo de auto-regulação interna do organismo, na busca sucessiva de reequilíbrio após cada desequilíbrio sofrido. O modelo baseia-se na evolução dos conhecimentos em duas direções –, de uma *exteriorização* crescente, fonte de progressão da compreensão do real, e de uma *interiorização* também cada vez maior, fonte de avanço na conceitualização e na abstração.

Nessa perspectiva de equilibração das estruturas cognitivas, as relações entre aprendizagem e desenvolvimento podem ser vistas sob a ótica da indissociabilidade dos processos de adaptação e de organização. Assim, Legendre (1998, p.165) descreve:

*A organização* corresponde aos instrumentos ou estruturas lógico-matemáticas do conhecimento. Piaget baseia-se na análise lógica ou formalizante para descrever a organização do pensamento nas diferentes etapas do seu desenvolvimento [...]. *A adaptação* corresponde ao campo de aplicação possível dessas diversas estruturas de conhecimentos, ou seja, os conteúdos do conhecimento que podem ser elaborados com a ajuda desses instrumentos.

A *adaptação*, definida por Piaget como o próprio desenvolvimento da inteligência, ocorre por meio da *assimilação* e da *acomodação*. A *assimilação* indica a tendência de incorporar os conhecimentos novos às estruturas antigas, anteriormente construídas pelo indivíduo. E a *acomodação* designa os ajustamentos e a elaboração de estruturas novas em função da incorporação do precedente.

Como enfatiza Pérez Gómez (1998, p.35), “ambos os movimentos constituem a *adaptação ativa* do indivíduo, que atua e reage, para *compensar as perturbações* geradas em seu equilíbrio interno pela estimulação do ambiente”.

O modelo da equilibração, que se aplica a diversas formas de evolução, fornece uma explicação para os processos e mecanismos interativos e construtivos em que

- O desenvolvimento condiciona a aprendizagem, na medida em que impõe limites ao que pode ser assimilável pelo aluno, a um determinado nível.
- A aprendizagem contribui para o desenvolvimento, na medida em que leva à preparação gradual de novas estruturas de pensamento mais ricas e melhor adaptadas.

Para Piaget,

a aprendizagem capaz de facilitar o progresso das estruturas cognitivas é controlada por processos de equilibração. Os conflitos cognitivos ou desequilíbrios são os motores das aprendizagens, o que significa que o organismo humano não assimila qualquer informação que lhe é oferecida; isto só acontece na medida em que estiver ligada aos seus interesses e às possibilidades cognitivas oferecidas pelos esquemas anteriormente construídos. Só as questões interessantes e motivadores, que podem ser problemáticas para a pessoa, têm a possibilidade de gerar conflitos cognitivos e, conseqüentemente, aprendizagens (SANTOMÉ, 1998, p.38).

Na psicologia piagetiana, é no processo de equilibração que repousa a motivação do aluno para a aprendizagem, que é sobretudo intrínseca, e não, extrínseca. Isso significa que ele aprende e forma seus conhecimentos, porque se interessa por eles. Existem tendências, consideradas herdadas, que levam o aluno a interessar-se pelo novo. A motivação intrínseca é o eixo motor da aprendizagem desejada, apoiada no desejo de resolver um problema, por estender a clareza e o significado a parcelas cada vez mais amplas do espaço vital, do espaço onde o indivíduo vive, onde satisfaz suas diversas necessidades. Como salienta Pérez Gómez (1998, p.34), “a motivação emerge das solicitações e exigências da própria existência, da necessidade de aprendizagem para compreender e agir racionalmente, na troca adaptativa com o meio socio-histórico e natural”. Daí, a importância da motivação para a aprendizagem, porque esta se transforma em um instrumento de desenvolver e aperfeiçoar as capacidades intelectuais.

Assim, atenção especial deve ser dada aos problemas e conteúdos selecionados no processo de ensino e aprendizagem, porque o filtro seletivo está nas peculiaridades, esquemas e conteúdos prévios das pessoas que aprendem.

## 2.7 O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky

O desenvolvimento humano e as relações entre desenvolvimento e aprendizagem são temas centrais nos trabalhos de Vygotsky. É o principal representante da concepção sociocultural sobre a inteligência, a qual se desenvolve a partir das interações sociais. Ele enfatiza que a aprendizagem está relacionada ao desenvolvimento, desde o nascimento do indivíduo, e que um caminho de desenvolvimento em parte é definido pelo processo de maturação do organismo individual; contudo, é a aprendizagem que permite despertar os processos internos de desenvolvimento em contato com o meio sociocultural (OLIVEIRA, 2006, p.36).

Para Vygotsky a aprendizagem precede o desenvolvimento, porque a ocorrência do desenvolvimento fica impedido na ausência de situações propícias ao aprendizado. Sobre sua contribuição para a reformulação das relações entre aprendizagem e desenvolvimento, Santomé (1998, p.40) ressalta que

a aprendizagem, considerada um processo profundamente social, necessita adaptar as estratégias e conteúdos dos projetos curriculares ao contexto histórico e cultural específico no qual os alunos vivem; esta é a forma de poder utilizar seus conceitos espontâneos, fruto das interações cotidianas em seu meio social, e de vinculá-los aos novos conceitos que instituições docentes facilitam.

A compreensão das idéias de Vygotsky sobre o nível das relações entre desenvolvimento e aprendizagem, que não é um ponto estável, mas um amplo e flexível intervalo, cristaliza-se na formulação de um conceito específico, chamado *Zona de Desenvolvimento Proximal*.

Ao observar o desempenho de um aluno em diferentes tarefas e atividades, como por exemplo: ele já sabe calcular a *derivada* de  $f(x) = x^n$ , com n expoente real? Quando se diz que o aluno já sabe realizar determinada tarefa, refere-se à sua capacidade de realizá-la sozinho. Está implícita a idéia de que ele sabe calcular a *derivada* sozinho, sem necessitar da ajuda de outras pessoas.

Esse modo de avaliar o desenvolvimento de um aluno está presente nas inúmeras situações da sala de aula, quando se observa o seu comportamento e as iniciativas para a realização das tarefas.

Vygotsky denomina essa capacidade de realizar determinadas tarefas, de forma independente, de *nível de desenvolvimento real*. Ou seja, o nível de desenvolvimento do aluno caracteriza o desenvolvimento de forma retrospectiva, isto

é, refere-se a etapas já alcançadas, já conquistadas pelo aluno como fruto de seu desenvolvimento e experiências prévias.

Já o *nível de desenvolvimento potencial* é a capacidade de o aluno desempenhar tarefas com a ajuda de outras pessoas ou de instrumentos mediadores, como signos e símbolos, e especialmente a linguagem. Há tarefas que um aluno não é capaz de realizar sozinho, mas ele se torna capaz de fazê-las, se alguém lhe der assistência durante o processo. No caso da *derivada*, um aluno, que é capaz de obter sozinho a *função derivada* de  $f(x) = x^3$ , pode não ser capaz de fazê-la, se for  $g(x) = \sqrt{x}$  ou  $h(x) = \frac{\sqrt[3]{x}}{x}$ , e assim por diante. Mas, ele se torna capaz de obter a resposta, se alguém lhe disser que “toda raiz é uma potência de expoente fracionário”. Essa possibilidade de alteração no desempenho de um estudante pela interferência de outra pessoa é primordial na teoria de Vygotsky, porque a capacidade de se otimizar com a assistência de outra pessoa irá ocorrer em um certo nível de desenvolvimento, mas não antes. Como salienta Oliveira (2006, p.60),

A idéia de nível de desenvolvimento potencial capta, assim, um momento do desenvolvimento que caracteriza não as etapas já alcançadas, já consolidadas, mas etapas posteriores, nas quais a interferência de outras pessoas afeta significativamente o resultado da ação individual.

Outro ponto fundamental é a importância que Vygotsky atribui à interação social, no processo de construção das funções psicológicas humanas. O desenvolvimento individual ocorre em um ambiente sociocultural determinado; e a relação com o outro, nas inúmeras esferas e níveis da atividade do homem, é a base para o processo de construção do ser psicológico individual.

Fundamentado na existência desses dois níveis de desenvolvimento, *real* e *potencial*, Vygotsky define a *Zona de Desenvolvimento Proximal* como sendo a distância entre o *nível de desenvolvimento real*, o quanto o indivíduo alcança sozinho, e o *nível de desenvolvimento potencial*, o quanto poderia ser alcançado na interação com o outro.

O conceito de *Zona de Desenvolvimento Proximal* refere-se, assim, ao caminho que a pessoa vai percorrer para o desenvolvimento das funções que estão em processo de maturação e se tornarão funções alcançadas, estabelecidas no seu nível de desenvolvimento real.

Assim, torna-se importante o trabalho dos professores no momento de estimular essa *Zona de Desenvolvimento Proximal*, selecionando experiências de aprendizagem baseadas nos conhecimentos já assimilados pelos seus alunos, aproveitando os seus conceitos espontâneos.

A vinculação entre aprendizagem e desenvolvimento, no ensino de Cálculo, passa necessariamente pela motivação do aluno em aprender, e o grau de sensibilidade motivacional se constrói ao longo do desenvolvimento, a partir das aquisições da aprendizagem. Para sustentar a motivação na interação das aquisições, no aperfeiçoamento e na transformação progressiva das estruturas e esquemas cognitivos, é preciso que o ensino de Cálculo seja permeado por conceitos espontâneos, na promoção de sua reconstrução, e é necessário trabalhar com conteúdos verdadeiramente relevantes, cujo significado possa ser compreendido com facilidade; por isso, as matérias não devem ser excessivamente fragmentadas. A realidade da formação torna-se menos precisa na medida em que aumenta a compartimentação dos conteúdos, tornando maiores as dificuldades de sua compreensão.

## **2.8 A aprendizagem significativa de Ausubel**

David P. Ausubel, assim como Lev S. Vygotsky e Jean Piaget, apresenta contribuições importantes para a defesa de propostas didáticas, relacionadas às especificidades das formas de aprendizagem das pessoas e das suas características psicológicas.

Ausubel enfatiza as condições de significatividade dos conteúdos culturais a serem trabalhados. A sua contribuição baseia-se

na pesquisa sobre a forma com que as pessoas reconstruem continuamente seu conhecimento, sobre a forma em que aprendem e sobre as estratégias didáticas que facilitam esse processo. Para isso propõe um modelo de duas dimensões que ajuda a não confundir duas variáveis que interagem em qualquer situação de ensino e aprendizagem (SANTOMÉ, 1998, p.41).

Esse modelo apresenta duas dimensões:

- O eixo vertical, que se refere às maneiras pelas quais os alunos codificam, transformam e armazenam novos conhecimentos em suas estruturas cognitivas.

- O eixo horizontal, que corresponde às estratégias didáticas às quais se recorre para proporcionar os conhecimentos aos alunos.

A essência da *aprendizagem significativa* reside no fato de que novos conhecimentos se relacionam de modo não arbitrário com aquilo que o aluno já sabe. No instante em que o assunto que o aluno está aprendendo entra em relação e integra-se aos conhecimentos já adquiridos, é possível incorporá-lo às estruturas de conhecimentos atuais. Contrariamente, quando os conteúdos que o aluno aprende não são potencialmente significativos, ligados de forma arbitrária entre si e sem relação com os conhecimentos de sua atual estrutura cognitiva, ocorre uma aprendizagem mecânica, repetitiva e memorística. Em geral, esse tipo de aprendizagem apresenta ambientes nada motivadores, que levam os alunos a questionar: “Por que estamos estudando isto? Para que serve isto na nossa formação?”

Quando os alunos são submetidos à aprendizagem sem vinculação substancial entre as novas idéias e os conteúdos de sua bagagem cognitiva, esses conhecimentos são esquecidos com muita facilidade, e, conseqüentemente, não se manifesta o potencial de capacidade de transferência, tanto na aplicação a inúmeras situações concretas quanto na solução de problemas.

Em particular, no ensino de Cálculo, a *aprendizagem significativa* oferece mais possibilidades de promover a motivação do aluno para aprender a matéria, e mais facilidades de comprometimento afetivo, e, assim, otimizar autoconfiança em si mesmo. Para as pesquisadoras Neves e Carvalho (2006, p.201-215),

para que o aluno se sinta motivado para aprender, de forma significativa, é necessário que possa atribuir sentido (utilidade) ao tema que se lhe propõe. Isso depende de muitos fatores pessoais (autoconceito, crenças, atitudes, expectativas, etc.) mas, fundamentalmente, de como se lhe apresenta a situação de aprendizagem. Esta deverá ser tão atrativa e interessante que lhe permita entrar ativamente num processo de construção de significados. Para o aluno estar motivado para aprender significativamente é necessária a existência de uma distância ótima entre o que o aluno já sabe e o novo conteúdo de aprendizagem.

Evidentemente, a distância ótima a que se referem as autoras é a *Zona de Desenvolvimento Proximal* de Vygotsky.

À luz da concepção construtivista da aprendizagem revela-se que a *aprendizagem significativa* é, em si mesma, motivadora, porque o aluno se sente grato, premiado na realização de tarefas ou no trabalho quantitativo e qualitativo da

estruturação das idéias dos conteúdos (em oposição à aprendizagem mecânica e memorizada). Quando o aluno desfruta da realização de uma tarefa, uma motivação intrínseca é gerada, e nasce uma disposição positiva que potencializa o espaço da aprendizagem. Um dos pontos importantes nas contribuições de Ausubel é que o conceito de *aprendizagem significativa* implica na relação indissociável de aprendizagem e desenvolvimento, como no pensamento piagetiano.

A partir dos destaques das escolas psicológicas da aprendizagem apresentados aqui, encontra-se argumentos suficientes para apoiarem uma aprendizagem que leve em consideração as peculiaridades cognitivas dos que aprendem, de modo a gerar uma *Zona de Desenvolvimento Proximal* ótimo de Vygotsky ou os adequados conflitos cognitivos de Piaget, capazes de obrigar cada aluno a substituir ou reconstruir suas idéias, para enfrentar a complexidade de outras situações que o envolve. Para isso, apresentam-se a seguir algumas considerações sobre a *interdisciplinaridade*.

## 2.9 Interdisciplinaridade

A freqüente reorganização do conhecimento, ou seja, as tendências de especializações e as inclinações para a unificação do saber, que são os pólos entre os quais oscilam a construção e a difusão do conhecimento, tem impulsionado a discussão entre a *disciplinaridade* e a *interdisciplinaridade* (SANTOMÉ, 1998, p. 43-44). Como conseqüência disso, o autor constata três tipos de dinâmicas:

- Uma é a conseqüência lógica do trabalho científico e investigador realizado pelas pessoas no âmbito de uma especialidade concreta, caindo inclusive em uma superespecialização, com base em divisões e subdivisões de alguma das áreas tradicionais do conhecimento; deste modo, adquirem autonomia ou também parcelas independentes ou temáticas muito específicas de algum dos campos de pesquisa dominantes em um momento histórico determinado.
- Outra dinâmica tem como motor aquelas disciplinas que compartilham objetos de estudo, parcelas de um mesmo tema ou metodologias de pesquisa, chegando a comunicar-se e coordenar-se de tal maneira que podem chegar à formação de âmbitos de conhecimento novos e interdisciplinares.
- A última dinâmica, que está surgindo com bastante força nas décadas mais recentes, é resultado do aparecimento de equipes de pesquisas claramente interdisciplinares. Em nossos dias são uma realidade os institutos, centros e fundações de estudo e pesquisa interdisciplinares cujo objetivo é tratar de compreender e solucionar problemas significativos, assuntos que para poderem ser enfrentados exigem o esforço conjunto de vários campos de conhecimento e pesquisa.

No momento, estas três dinâmicas gozam de muita força. Apesar das comunidades científicas não terem chegado a um grau de consenso, uns partidários da disciplinaridade e outros da interdisciplinaridade, reconhece-se que a defesa da interdisciplinaridade é crescente nas últimas décadas.

Para alguns, o argumento com maior poder de convencimento é estabelecido com base nos fundamentos sobre a complexidade dos atuais problemas da sociedade, da necessidade de levar em conta o maior número possível de pontos de vista, nos quais devem ser consideradas todas as dimensões de forma inter-relacionada. Para outros, a problemática de interdisciplinaridade é resultado da falta de clareza sobre os limites entre as diferentes disciplinas e organizações do conhecimento e sobre a possível obtenção de maiores parcelas, na unificação do saber. Segundo o autor retromencionado, “apostar na interdisciplinaridade significa defender um novo tipo de pessoa, mais aberta, flexível, solidária, democrática e crítica” (SANTOMÉ, 1998, p.45).

Nos dias atuais, o verdadeiro professor é aquele que trabalha com a mudança e para a mudança, quebrando paradigmas tradicionais, onde o futuro apresenta um grau de imprevisibilidade cada vez maior.

Na atividade escolar, por exemplo, destaca-se a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), onde são exigidas cinco competências: *Domínio de linguagens, Compreensão dos fenômenos, Enfrentamento de situações-problema, Construção de argumentos e Elaboração de propostas*. Para cada uma das competências são exigidas inúmeras habilidades, como:

- *Diante da diversidade de formas geométricas planas e espaciais, presentes na natureza ou imaginadas, caracterizá-las por meio de propriedades, relacionar seus elementos, calcular comprimentos, áreas ou volumes e utilizar o conhecimento geométrico para leitura, compreensão e ação sobre a realidade.*
- *Compreender o significado e a importância da água e de seu ciclo para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais, sabendo quantificar variações de temperatura e mudanças de fase em processos naturais e de intervenção humana.*
- *Na obtenção e produção de materiais e insumos energéticos, identificar etapas, calcular rendimentos, taxas e índices e analisar implicações sociais, econômicas e ambientais.*

- *Analisar criticamente, de forma qualitativa ou quantitativa, as implicações ambientais, sociais e econômicas dos processos de utilização dos recursos naturais, materiais ou energéticos.*
- *Reconhecer o caráter aleatório de fenômenos naturais, ou não, e utilizar em situações-problema processos de contagem, representação de frequência relativa, construção de espaços amostrais, distribuição e cálculo de probabilidades, entre outros.*

Na elaboração de questões de Matemática sobre as habilidades mencionadas, por exemplo, é latente a exigência de uma formação cada vez mais polivalente para os egressos do ensino médio. Espera-se que esses egressos demonstrem competência para compreender conceitos, situações e fenômenos, nos referenciais próprios de cada área, além da utilização desses conhecimentos para análise e articulação de informações, resolução de problemas e argumentação de maneira coerente, em relação às situações apresentadas.

Prioriza-se o domínio de conhecimentos, além da capacidade de reflexão e de investigação, em situações que apresentam dimensão prática, conceitual e sociocultural, não se reduzindo à memorização de fórmulas e similares.

É uma tendência atribuir o termo “questões interdisciplinares”, quando as questões envolvem duas ou mais áreas do conhecimento. No entanto, a *interdisciplinaridade* é um conceito que não goza de total consenso, talvez pela sua pouca clareza. Segundo Santomé (1998, p.65), “a *interdisciplinaridade* é fundamentalmente um processo e uma filosofia de trabalho que entra em ação na hora de enfrentar os problemas e questões que preocupam em cada sociedade [...]”. E enfatiza que a *interdisciplinaridade* é um objetivo nunca totalmente alcançado, e, por isso, deve ser continuamente buscado. Não se trata apenas de uma proposta teórica, mas fundamentalmente uma prática.

Entre as modalidades possíveis de *interdisciplinaridade*, os estudiosos na área estabelecem uma taxionomia com vários níveis, seguindo uma ordem crescente de inter-relação. Nesta breve consideração, considera-se a hierarquização de níveis de colaboração e integração entre disciplinas proposta por Piaget, que distingue entre:

- **Multidisciplinaridade.** *O nível inferior de integração. Ocorre quando, para solucionar um problema, busca-se informação e ajuda em várias disciplinas, sem que tal interação contribua para modificá-las ou enriquecê-las. Esta costuma ser a primeira fase da constituição de*

*equipes de trabalho interdisciplinar, porém não implica em que necessariamente seja preciso passar a níveis de maior cooperação.*

• **Interdisciplinaridade.** Segundo nível de associação entre disciplinas, em que a cooperação entre várias disciplinas provoca intercâmbios reais; isto é, existe verdadeira reciprocidade nos intercâmbios e, conseqüentemente, enriquecimentos mútuos.

• **Transdisciplinaridade.** É a etapa superior de integração. Trata-se da construção de um sistema total, sem fronteiras sólidas entre as disciplinas, ou seja, de “uma teoria geral de sistemas ou de estruturas, que inclua estruturas operacionais, estruturas de regulamentação e sistemas probabilísticos, e que una estas diversas possibilidades por meio de transformações reguladas e definidas” (PIAGET, 1979a, p. 166-171 apud SANTOMÉ, 1998, p. 70).

Para Piaget, o objetivo da pesquisa interdisciplinar é buscar, procurar uma reordenação dos âmbitos do saber, por meio de uma série de intercâmbios, que na verdade, consistem em rearranjos construtivos, os quais superam as limitações que impedem o avanço científico.

Principalmente no ensino superior, como nos Cursos Superiores de Tecnologia, onde os ingressantes já definem a sua opção, desde o início, para a formação profissional, como Mecânica, Soldagem, Hidráulica e Saneamento Ambiental, etc., precisa-se de uma estratégia de ensino e aprendizagem, no ensino de Cálculo, que adote esta perspectiva interdisciplinar, que permite que os alunos das respectivas modalidades realizem mais facilmente operações de transferência de conteúdos e procedimentos, apesar da intercomunicação se restringir a situação e fenômenos com certa semelhança. O poder intrínseco da motivação dos alunos, nesta perspectiva, é muito superior à da metodologia tradicional. As possibilidades dos alunos enfrentarem situações mais próximas às respectivas modalidades de cursos estabelecem necessidades para a aprendizagem dos conteúdos matemáticos. Isto é saudável em sala de aula, como alguns dizem: “os alunos aprendem antes o que necessitam com mais urgência e o que querem saber”.

Na impossibilidade de mudar, de um dia para o outro, a estrutura da organização dos currículos disciplinares, presente em todas as instâncias do sistema institucional de ensino, a *interdisciplinaridade*, ou, em níveis mais modestos, a *multidisciplinaridade*, constituem uma prática educativa que pode proporcionar aos estudantes uma motivação maior, em função do maior dinamismo curricular, contextualização e problematização. Para os adeptos da disciplinaridade, deixa-se claro que não se tratam, aqui, de eliminar a organização disciplinar, mesmo porque vários autores reconhecem e legitimam que “o conceito de *interdisciplinaridade* tem seu sentido em um contexto disciplinar: a *interdisciplinaridade* pressupõe a

existência de ao menos duas disciplinas como referência e a presença de uma ação recíproca” (GERMAIN, 1991, p.143 *apud* LENOIR, 2006, p.46).

A *interdisciplinaridade* não desvaloriza e nem desconsidera a disciplinaridade como argumenta Lück (2007, p.67): a questão não é eliminar a disciplinaridade, embora haja críticas de estudiosos sobre a disjunção e a fragmentação dos conhecimentos. Mas é ela mesma que oferece os elementos, as informações e as idéias que são articuladas para construir o anel do conhecimento do conhecimento.

Antes de finalizar, parafraseando Santomé (1998, p.73), um ensino baseado na *interdisciplinaridade* tem, além do poder motivador e estruturador, os conteúdos procedimentais enfrentados pelos alunos encontram-se organizados em torno de unidades mais globais, e as estruturas conceituais e metodológicas compartilhadas por várias disciplinas. Assim, uma formação mais *interdisciplinar* torna os alunos mais capacitados para enfrentarem problemas, que transcendem os limites da disciplina Cálculo, na solução de novos problemas.

## 2.10 Resumindo...

Nesse capítulo, buscou-se, com vários autores, construir um referencial teórico que permitisse vislumbrar um panorama para uma ação propositiva do Ensino de Cálculo sobre os *aspectos motivacionais* do aluno.

Na área educacional, a reflexão sobre os *paradigmas* exige, de modo fundamental, o desafio de repensar e reconstruir de forma crítica nossa identidade, enquanto campo do conhecimento (BONAMINO ; BRANDÃO, 2005, p. 97). Hoje, o desafio estaria na possibilidade de promover a *interdisciplinaridade*, não só para superar os limites da fragmentação de um campo, em inúmeras subdisciplinas, como para encontrar um patamar comum de discussão epistemológica.

Sobre a *motivação*, fizeram-se considerações relevantes sobre o entendimento da *motivação intrínseca* do ser humano no trabalho, para melhorar o desempenho profissional, no que diz respeito tanto à produtividade como à saúde organizacional e à satisfação dos trabalhadores. Analisou-se a *motivação* no contexto escolar, de forma abrangente, contudo, direcionado para a aprendizagem e o desenvolvimento de adultos.

Apresentaram-se as abordagens dos interacionistas Piaget e Vygotsky, para postular a importância da relação entre indivíduos e ambiente, na construção dos processos psicológicos. Embora haja substancial diferença no ponto de partida que definiu as duas teorias –, o primeiro buscando entender as estruturas e mecanismos universais do funcionamento psicológico do homem, e o outro considerando o homem como essencialmente histórico, sujeito às especificidades de seu contexto sociocultural –, existem vários aspectos nos quais o pensamento é semelhante. Ambos dão ênfase à necessidade de compreensão da gênese dos processos que estão sendo estudados (mecanismos filogenéticos e ontogenéticos).

Conceituaram-se a *Zona de Desenvolvimento Proximal* de Vygotsky e a *Aprendizagem Significativa* de Ausubel, uma vez que é necessário criar situações *motivacionais* de ensino e aprendizagem, em que a relevância dos conteúdos culturais escolhidos possa interagir e propiciar processos de reconstrução, junto com o que já se sabe nas estruturas cognitivas dos alunos (SANTOMÉ, 1998, p. 43).

E, por fim, destacou-se a *interdisciplinaridade*, já que a educação ambiental se posiciona numa vertente crítica à educação tradicional e atomista da aprendizagem. É nessa linha “que a abordagem *interdisciplinar* se consolidou como um princípio para a Educação Ambiental, principalmente nas escolas, até mesmo institucionalmente encampada pelas políticas públicas...” (GUIMARÃES, M. , 2005, p. 36).

No capítulo seguinte descreve-se a pesquisa realizada, identificando quais condições exercem maior *motivação* para o aluno, no processo de ensino e aprendizagem de Cálculo, para Cursos Superiores de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento Ambiental.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Cenário da pesquisa

A realização da pesquisa ocorreu na Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP), mantida pelo Centro Paula Souza – uma autarquia do Governo do Estado de São Paulo –, responsável pela educação profissional pública, vinculada à Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. São dez Cursos Superiores de Tecnologia, devidamente reconhecidos, que têm uma carga horária média de 2 700 horas: Edifícios; Hidráulica e Saneamento Ambiental; Movimento de Terra e Pavimentação; Mecânica – Processos de Produção; Mecânica de Precisão; Mecânica – Projetos; Mecânica – Soldagem; Processamento de Dados; Automação de Escritórios e Secretariado; e MPCE (Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos).

De acordo com a Resolução CNE/CP 3, de 18 de dezembro de 2002, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a organização e o funcionamento dos Cursos Superiores de Tecnologia, o TECNÓLOGO deve estar apto a desenvolver, de forma plena e inovadora, atividades em uma determinada área profissional e, para tanto, os cursos devem:

- I. incentivar o desenvolvimento da capacidade empreendedora e da compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos;*
- II. incentivar a produção e a inovação científico-tecnológica, e suas respectivas aplicações no mundo do trabalho;*
- III. desenvolver competências profissionais tecnológicas, gerais e específicas, para a gestão de processos e a produção de bens e serviços;*
- IV. propiciar a compreensão e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias;*
- V. promover a capacidade de continuar aprendendo e de acompanhar as mudanças nas condições de trabalho, bem como propiciar o prosseguimento de estudos em cursos de pós-graduação;*
- VI. adotar a flexibilidade, a interdisciplinaridade, a contextualização e a atualização permanente dos cursos e seus currículos;*
- VII. garantir a identidade do perfil profissional de conclusão de curso e da respectiva organização curricular.*

Em todas as modalidades retromencionadas, a disciplina Cálculo se faz presente na estrutura curricular, exceto no Curso de Automação de Escritórios e Secretariado, distribuída ao longo dos dois primeiros semestres, com uma carga horária que varia dependendo de cada curso.

Para o curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA), foco central desta pesquisa, a disciplina Cálculo é ministrada somente no primeiro semestre, com uma carga horária de quatro aulas semanais. Portanto, a sua escolha é *intencional*, caracterizando um método não-probabilístico. Neste caso, o autor desta pesquisa está interessado em identificar as aspirações dos alunos, que determinam uma maior motivação na aprendizagem e desenvolvimento de Cálculo para cursos voltados à área ambiental. Para esta modalidade, a pesquisa foi efetivada em três semestres consecutivos: 1º. semestre/06, 2º. semestre/06 e início do 1º. semestre/07. A aplicação do projeto, com a abordagem que atende as aspirações dos estudantes, foi realizada ao longo de todo o 1º. semestre de 2007.

Apesar da natureza do tema estabelecido, – altos índices de evasão e retenção e falta de motivação dos alunos para a aprendizagem matemática –, que são características freqüentes em todos os níveis de ensino e em todas as modalidades de cursos, adotou-se a escolha de mais uma turma, ao acaso, em cada um dos semestres consecutivos da pesquisa. No caráter probabilístico desta outra turma de Cálculo, acredita-se que é possível trazer representatividade da população de estudantes matriculados em Cálculo em todas as nove modalidades, e permitir a possibilidade de generalizações dos resultados obtidos.

### **3.2 Modelo Preliminar**

Como foi exposto na *Introdução*, o fenômeno de interesse é o PROBLEMA: “Para sustentar uma unidade de conhecimento matemático, com o objetivo de fundamentar outras teorias em outros campos do conhecimento, quais condições exercem uma maior motivação para o aluno, no processo de ensino-aprendizagem do Cálculo para Cursos Superiores de Tecnologia em Ciências Ambientais?”.

Quanto ao modelo preliminar, pensou-se inicialmente no perfil do Tecnólogo – um profissional emergente no ambiente competitivo –, que requer uma base científica adequada das Ciências Básicas, balanceada com habilidades específicas, em uma proposta de Ensino de Cálculo, que contemple a contextualização dos

problemas de aplicação dos conteúdos desenvolvidos. Para isso, foi realizada uma avaliação (APÊNDICE A), para verificar o nível de conhecimentos básicos de Matemática do Ensino Fundamental e Médio para alunos que estavam matriculados em Cálculo ou disciplinas similares, presentes em uma das aulas do Curso de Reforço de Matemática Básica, oferecido pela Área de Matemática do Departamento de Ensino Geral da FATEC-SP, em março de 2006. Foram 112 alunos pesquisados, constituindo uma amostra muito representativa da população discente matriculada em Cálculo, naquele semestre:

- 13 alunos do curso de Pavimentação;
- 14 alunos do curso de Edifícios;
- 09 alunos do curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA);
- 19 alunos do curso de Mecânica – Projetos;
- 16 alunos do curso de Mecânica – Processos de Produção;
- 10 alunos do curso de Soldagem;
- 05 alunos do curso de Mecânica de Precisão;
- 09 alunos do curso de Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos;
- 17 alunos do curso de Processamento de Dados.

Essa avaliação qualitativa consistiu de 25 questões do tipo Verdadeiro (V) ou Falso (F), cujos resultados estão na TABELA 1, a seguir.

**TABELA 1 – Resultados da avaliação matemática das 25 questões propostas do tipo Verdadeiro (V) ou Falso (F), em porcentagem**

QUESTÃO	Responderam corretamente (%)	Responderam erradamente (%)
01	41,07	58,93
02	64,28	35,72
03	63,39	36,61
04	64,28	35,72
05	69,64	30,36
06	83,93	16,07
07	75,89	24,11
08	36,61	63,39

09	94,64	5,36
10	69,64	30,36
11	62,50	37,50
12	67,86	32,14
13	62,50	37,50
14	65,18	34,82
15	79,46	20,54
16	74,11	25,89
17	50,89	49,11
18	69,64	30,36
19	41,07	58,93
20	66,07	33,93
21	31,25	68,75
22	45,53	54,47
23	55,36	44,64
24	39,28	60,72
25	87,50	12,50

Por exemplo, a primeira questão: “Os números irracionais  $\pi$  e  $\sqrt{3}$  são tais que,  $3 \leq \pi < 2\sqrt{3}$ ”, é FALSA para 58,93% dos alunos. O que é um absurdo, pois a sentença é VERDADEIRA.

Um outro, é a questão de número 11: “Certamente  $x_0 = -1$  é uma raiz da função  $f(x) = -x^2 + 1$ ”. É um conhecimento básico para as aulas de Cálculo, em que a determinação de uma raiz de uma função polinomial do 2º. grau é uma coisa rotineira. A afirmação é VERDADEIRA; no entanto, 37,50% dos pesquisados responderam que era FALSA.

Outras questões apresentaram resultados até mesmo surpreendentes, como na questão de número 16: “A função  $f(x) = \sin 4x$  pode ser escrita  $f(x) = 4 \sin x$ , porque 4 é uma constante”. Esse é um tipo de erro que muitos alunos fazem nas aulas de Cálculo. No entanto, 74,11% responderam corretamente que é FALSA.

De um modo geral, os resultados comprovaram as queixas que a maioria dos professores de Cálculo fazem: a baixa qualidade de conhecimentos matemáticos

adquiridos nos ciclos anteriores. É com esse perfil de formação do corpo discente, que se encontra o professor de Cálculo em sala de aula. É para esse nível de alunos (retromencionado), que se situa a presente pesquisa.

Assim, fazer revisões de tópicos dos ciclos anteriores, que não foram bem assimilados, na tentativa de melhorar os conhecimentos e deixar de problematizar esses tópicos, é voltar ao passado, com os mesmos tipos de exercícios mecânicos e repetitivos. Isto em nada motivaria os alunos, porque não estão relacionados com a modalidade do curso em que estão inseridos, nem com as demais ciências, e também com outras áreas da matemática. É bom lembrar que os ingressantes foram aprovados no Processo Seletivo – Vestibular das Faculdades de Tecnologia – e sentem-se aptos a freqüentar a escola, o que leva os alunos a questionarem sobre a revisão e comportamentos displicentes. Portanto, iniciar as aulas de Cálculo de forma tradicional, sem a preocupação de orientar e/ou de promover a motivação intrínseca dos alunos, para um estudo de recuperação e desenvolvimento, certamente conduzirá os alunos para a desistência ou para a reprovação.

De nada adiantará a contextualização dos exercícios no final de cada uma das unidades do conteúdo programático, se o aluno não estiver motivado, já que ele não consegue chegar lá.

Nessa linha de raciocínio, assume-se a deficiência dos alunos e busca-se uma alternativa de ensino pautada em uma abordagem interdisciplinar, que os conduza de forma intrínseca; uma sustentação motivadora para transpor as dificuldades do dia-a-dia em sala de aula, até a consecução dos objetivos.

Assim, o modelo preliminar deverá ser modificado e acrescido da variável: “forma de abordagem do conteúdo matemático”, e que isto leve os alunos para uma motivação maior para a aprendizagem do Cálculo. Dessa forma, a conjectura, a que se refere Romberg, é a HIPÓTESE: “As condições que representam uma metodologia de ensino que diversifica a forma de abordagem do conteúdo a ser apresentado e que permite aos alunos relacioná-los a situações reais a serem vivenciadas no futuro, conduzem para uma maior motivação da aprendizagem matemática”.

Sobre o relacionar com idéias dos outros, o que corresponde ao Capítulo 1, uma Pesquisa Bibliográfica foi realizada com o objetivo de tentar relacionar o presente trabalho com outros, já publicados no Ensino de Cálculo para Cursos de Tecnologia em Ciências Ambientais, sobre aspectos motivacionais do aluno.

Exatamente com as mesmas particularidades, não foi encontrado nenhum. Entretanto, todos os trabalhos de pesquisa, citados no Capítulo 1, foram importantes para nortear o presente trabalho.

### 3.3 Estratégias e Procedimentos

As seguintes *estratégias*, com os respectivos *procedimentos* foram estabelecidas:

1. **Estratégia.** Fazer pesquisa documental em Cálculo, na FATEC-SP, sobre os índices de evasão e retenção do 2º. semestre de 2005, semestre anterior ao início deste trabalho.

Procedimento: Coletar dados que indiquem o percentual de alunos desistentes e reprovados em Cálculo, no 2º. semestre de 2005, para as modalidades: Edifícios, Pavimentação, Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA), Projetos, Processos de Produção, Soldagem, Mecânica de Precisão e Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos (MPCE).

Na TABELA 2, a seguir, apresenta-se a porcentagem de evasão e retenção das respectivas modalidades de cursos, em relação ao número de matriculados no 2º. semestre de 2005.

**TABELA 2 – Índice de evasão/retenção em Cálculo do 2º. semestre de 2005 em oito modalidades dos cursos da FATEC-SP**

modalidade	Matriculados	Evasão	Retenção	Evasão e Retenção	% de aprovação	% de evasão e retenção
<b>EDIFÍCIOS</b>	231	79	92	171	26,0	74,0
<b>PAVIMENT.</b>	80	53	15	68	15,0	85,0
<b>HSA</b>	54	28	14	42	22,2	77,8
<b>PROJETOS</b>	234	111	88	199	14,9	85,1
<b>P.PRODUÇÃO</b>	209	87	70	157	24,9	75,1
<b>SOLDAGEM</b>	109	44	37	81	25,7	74,3
<b>M.PRECISÃO</b>	82	18	28	46	43,9	56,1
<b>MPCE</b>	75	32	29	61	18,7	81,3
<b>TOTAL</b>	1074	452	373	825	23,2	76,8

**2. Estratégia.** Elaborar um questionário a ser aplicado ao corpo discente matriculado em Cálculo, com o objetivo de identificar as aspirações dos alunos, que determinam uma maior motivação em aprender Cálculo em sala de aula, a fim de proporcionar ao docente uma diversificação na abordagem das unidades didáticas do Cálculo.

Procedimento: Aplicar o questionário abaixo, nos três semestres consecutivos: 1º. semestre de 2006, 2º. semestre de 2006 e 1º. semestre de 2007, de modo que, em cada semestre, sejam pesquisadas a turma de HSA e mais uma definida por sorteio.

## QUESTIONÁRIO

Pesquisa aplicada na FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO para Curso Superior de Tecnologia: Modalidade ..... no .....semestre de ..... na disciplina: ..... no período .....

Prezado aluno: O meu interesse é saber **“Qual a forma de abordagem do conteúdo a ser apresentado pelo professor nas aulas de CÁLCULO que mais motivariam para a aprendizagem matemática?”**

*Na FATEC-SP, em geral, as turmas de CÁLCULO são constituídas de mais de 50 alunos. A aula expositiva é a forma utilizada no ensino de Cálculo. Também não há sala de aula adequada para o uso de recursos audiovisuais.*

Abaixo de I a VII, apresento 7 formas de abordagem para as aulas de Cálculo:

**Escolha 3 preferências (para maior motivação em aprender Cálculo):**

**Para a 1ª. preferência escreva 1, para a 2ª. preferência escreva 2 e para a 3ª. preferência escreva 3 nos espaços ( ) à direita de cada uma das abordagens apresentadas, deixando em branco as demais.**

- I. Forma tradicional: conceituação formal do assunto, desenvolvimento , exemplos e aplicações. ( )
- II. Forma tradicional, mas apenas com noção intuitiva do assunto, desenvolvimento sem a preocupação com o formalismo matemático, exemplos e aplicações. ( )
- III. Forma de seminários, em que os alunos, em grupos de 3 a 5, apresentariam o assunto com a orientação do professor. ( )

IV. Forma metodológica em que de início o professor apresenta um problema real a ser vivenciado na modalidade do curso; e a partir daí, começar a construir e desenvolver o assunto com exemplos e aplicações práticas. ( )

V. Uma metodologia em que o professor segue um livro-texto durante todo o semestre. ( )

VI. Uma metodologia em que o professor usa o seu próprio material didático para a apresentação e desenvolvimento dos assuntos durante o semestre. ( )

VII. Qualquer método, desde que o professor mostre a aplicabilidade do assunto a ser ministrado. ( )

No QUADRO 1, a seguir, o resultado da pesquisa realizada no 1º. semestre de 2006 para

- Mecânica – Processos de Produção (sorteio) e
- HSA (intencional)

**QUADRO 1 – Resultados da 1ª. preferência (1), da 2ª. preferência (2) e da 3ª. preferência (3) para PROCESSOS DE PRODUÇÃO e HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL(HSA) 1º. semestre de 2006**

Modalidade	Processos de Produção (41 alunos)			Hidráulica e Saneamento Ambiental (28 alunos)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
I	5	3	10	6	6	4
II	2	4	7	-	2	2
III	1	6	4	-	1	1
IV	27	5	5	15	3	1
V	-	2	7	-	2	3
VI	5	17	6	1	1	7
VII	1	4	6	-	4	3

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Processos de Produção:

- 1ª. preferência:  $\frac{27}{41} = 65,8\%$  para a abordagem IV.
- 2ª. preferência:  $\frac{17}{41} = 41,5\%$  para a abordagem VI.
- 3ª. preferência:  $\frac{10}{41} = 24,4\%$  para a abordagem I.

Neste caso, por se tratar de um curso de Mecânica com ênfase em Processos de Produção, a preferência dos alunos é para uma abordagem de Cálculo voltada para situações-problema em Mecânica.

A segunda preferência dos alunos ocorre quando o docente usa seu próprio material didático para o desenvolvimento do conteúdo programático. Essa escolha, provavelmente, se justifica pelo fato de muitos professores de outras disciplinas fazerem o uso de apostilas, apontamentos e de outros meios similares.

A terceira preferência é a forma tradicional e formal do ensino de Cálculo. Em grande parte, é o reflexo da organização do conhecimento matemático constante na maioria dos livros do ensino médio, e também dos livros de Cálculo Diferencial e Integral, com prevalência da noção de transmissão de conhecimento, no lugar da construção (BARUFI, 1999).

As abordagens II, III, V e VII têm apenas preferências secundárias. Para esta turma, a abordagem V é a que menos recebeu referências. É possível que a justificativa esteja no fato de que, quando o professor segue um livro-texto, além da necessidade do aluno ter o livro, a apresentação da matéria passa a ser, em geral, pela citação de páginas, focando alguns itens e outros não, tornando o assunto mais abrangente do que o normal, e disto o aluno não gosta.

### Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA):

- 1ª. preferência:  $\frac{15}{28} = 53,6\%$  para a abordagem IV.
- 2ª. preferência:  $\frac{6}{28} = 21,4\%$  para a abordagem I.
- 3ª. preferência:  $\frac{7}{28} = 25,0\%$  para a abordagem VI.

Também para os alunos do curso de HSA, a preferência número 1 recaiu para a abordagem IV, em que os conteúdos de Cálculo sejam permeados por situações reais a serem vivenciadas em Hidráulica e Saneamento Ambiental.

Os resultados da segunda e terceira preferências são semelhantes aos do curso de Mecânica – Processos de Produção. Houve apenas a inversão: a abordagem I passou a ser a segunda preferência e a abordagem VI, a terceira. As justificativas possíveis acredita-se serem as mesmas.

Outras abordagens são secundárias. No entanto, a abordagem III é a que menos recebeu referências, confirmando, assim, que os alunos, em geral, não gostam de estudar em grupos. Os motivos podem ser diversos, mas uma das causas é a falta de hábito desta metodologia no ensino de Matemática, nos ciclos básicos.

No QUADRO 2 abaixo, o resultado da pesquisa aplicada no 2º. semestre de 2006 para

- Soldagem (sorteio) e
- HSA (intencional)

**QUADRO 2 – Resultados da 1ª. preferência (1), da 2ª. preferência (2) e da 3ª. preferência (3) para SOLDAGEM e HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL(HSA) 2º. semestre de 2006**

Modalidade	Soldagem (36 alunos)			Hidráulica e Saneamento Ambiental (29 alunos)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
I	1	2	2	-	1	2
II	-	2	1	2	1	4
III	2	1	10	1	5	4
IV	19	8	7	23	5	-
V	2	4	1	-	5	3
VI	8	19	4	1	5	4
VII	4	1	10	2	7	12

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Soldagem:

- 1ª. preferência:  $\frac{19}{36} = 52,8\%$  para a abordagem IV.
- 2ª. preferência:  $\frac{19}{36} = 52,8\%$  para a abordagem VI.
- 3ª. preferência:  $\frac{10}{36} = 27,8\%$  para a abordagem III e VII.

Para os alunos do curso de Mecânica – Soldagem, são nítidas a primeira preferência e a segunda preferência para as abordagens IV e VI, respectivamente. As justificativas acredita-se serem as mesmas apresentadas para o curso de Mecânica – Processos de Produção.

O diferencial, neste caso, é que a terceira preferência ficou empatada entre as abordagens III e VII, com leve tendência para a VII. Não existe uma rejeição absoluta para o estudo em grupos (seminários), ou seja, a metodologia não é o mais importante para eles, mas, sim, as respectivas aplicações na área de Soldagem.

### Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA):

- 1ª. preferência:  $\frac{23}{29} = 79,3\%$  para a abordagem IV.
- 2ª. preferência:  $\frac{7}{29} = 24,1\%$  para a abordagem VII.
- 3ª. preferência:  $\frac{12}{29} = 41,4\%$  para a abordagem VII.

Para esta turma do HSA, a preferência pela abordagem IV é de quase 80%, ratificando a do semestre anterior.

Tanto a segunda como a terceira preferências recaem sobre a abordagem VII, mostrando que não só os alunos de HSA como também os de Soldagem, e de outros cursos, não estão muito preocupados com a forma de ensinar Cálculo, mas na construção dos significados e nas respectivas aplicações.

As outras alternativas de escolha apresentaram resultados secundários e semelhantes, com exceção da abordagem I, que teve absoluta rejeição.

No QUADRO 3, a seguir, o resultado da pesquisa, realizada no 1º. semestre de 2007 para

- Edifícios (sorteio)
- HSA (intencional)

**QUADRO 3 – Resultados da 1ª. preferência (1), da 2ª. preferência (2) e da 3ª. preferência (3) para EDIFÍCIOS e HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL(HSA) 1º. semestre de 2007**

Modalidade	Edifícios (44 alunos)			Hidráulica e Saneamento Ambiental (52 alunos)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
I	1	6	10	4	3	13
II	3	-	2	-	2	2
III	4	3	5	2	2	7
IV	31	3	5	37	11	1
V	2	5	4	-	5	3
VI	2	14	9	5	22	7
VII	1	13	9	4	9	17

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Edifícios:

- 1ª. preferência:  $\frac{31}{44} = 70,5\%$  para a abordagem IV.
- 2ª. preferência:  $\frac{14}{44} = 31,8\%$  para a abordagem VI.
- 3ª. preferência:  $\frac{10}{44} = 22,7\%$  para a abordagem I.

Também para os alunos da Construção Civil – modalidade Edifícios, a preferência principal foi para a abordagem IV, em que o conteúdo de Cálculo seja precedido de situações reais da sua área, para uma motivação maior para a aprendizagem.

A segunda preferência para a VI, além do que foi analisado para o curso de Processos de Produção, oferece ao aluno possibilidades de acompanhar a matéria com menos desgaste, ao chegar atrasado às aulas ou na necessidade de faltar às mesmas. Pelos números, essa preferência se aproxima também para a abordagem VII, mostrando que muitos não se importam com a forma de ensinar Cálculo, mas com as aplicações.

A terceira preferência, apesar de ter recaído para a abordagem I, aproxima-se muito das abordagens VI e VII. É possível concluir que os alunos, de um modo geral, preferem um ambiente em que o professor diversifica a metodologia de ensino-aprendizagem em Cálculo.

#### Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA):

- 1ª. preferência:  $\frac{37}{52} = 71,2\%$  para a abordagem IV.
- 2ª. preferência:  $\frac{22}{52} = 42,3\%$  para a abordagem VI.
- 3ª. preferência:  $\frac{17}{52} = 32,7\%$  para a abordagem VII.

Essa terceira turma consecutiva de HSA apontou a abordagem IV como a primeira preferência para o ensino de Cálculo, ratificando as turmas dos semestres anteriores; e as evidências de potencializar a motivação para o aprender é a perspectiva interdisciplinar na aprendizagem de Cálculo.

A escolha da segunda preferência, para a VI, e da terceira preferência, para a VII, mostra que os alunos dão primazia para um professor que diversifique os seus métodos de ensino e, por outro lado, que trabalhe de forma contextualizada a fim de proporcionar uma visão de aplicabilidade do assunto em estudo.

#### PREFERÊNCIA PRINCIPAL: Resumo e Análise

Em todas as modalidades: Processos de Produção, Soldagem e Edifícios, além de Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA), a preferência absoluta foi para a abordagem IV, conforme o QUADRO 4 e o QUADRO 5, a seguir:

**QUADRO 4: Porcentagem da 1ª. preferência para a abordagem IV nas modalidades:  
Processos de Produção – Soldagem – Edifícios**

<b>Modalidade</b>	<b>Porcentagem</b>
Processos de Produção	65,8%
Soldagem	52,8%
Edifícios	70,3%
MÉDIA	63,1%

**QUADRO 5: Porcentagem da 1ª. preferência para a abordagem IV na modalidade  
Hidráulica e Saneamento Ambiental (HSA)**

<b>Semestre/Ano</b>	<b>Porcentagem</b>
1º. semestre de 2006	53,6%
2º. semestre de 2006	79,3%
1º. semestre de 2007	71,2%
MÉDIA	68,1%

Pelos números apontados, é possível inferir a preferência pela abordagem IV, para todas as modalidades dos Cursos de Tecnologia da FATEC-SP, e também para outros cursos de graduação em nível superior.

A grande maioria dos estudantes prefere um Ensino de Cálculo interligado, para a compreensão da realidade de seus respectivos cursos, em particular, no estabelecimento de uma interação com as disciplinas profissionalizantes, o que resultaria em intercomunicação e enriquecimento recíproco. Em outras palavras, o que os estudantes preferem, para o processo de ensino-aprendizagem, é um processo baseado na interdisciplinaridade. Isto ocorre, porque a construção do significado de um conteúdo matemático, enfrentada pelos alunos, encontra-se organizada em torno de disciplinas mais gerais e profissionalizantes, com estruturas conceituais e metodológicas compartilhadas com a maioria das disciplinas do curso em que o aluno está inserido. A realização das transferências de aprendizagem, assim adquiridas, para outros contextos disciplinares torna-se muito mais fácil.

Portanto, a motivação para o aprender mostra-se muito mais forte. Estas análises, apresentam o motivo que levou os estudantes para a escolha preferencial da abordagem IV.

**3. Estratégia.** Identificadas as aspirações dos estudantes, a intenção é criar um modelo de uma proposta de trabalho para o Ensino de Cálculo, destinada aos alunos dos Cursos Superiores de Graduação em Tecnologia da FATEC-SP, em particular, para o Curso de HSA, em obediência ao Plano de Ensino-Aprendizagem da disciplina CÁLCULO, vigente em 2007 (ANEXO 1), e também em consonância com o Perfil Profissional do Tecnólogo em HSA (ANEXO 2).

Procedimento: O procedimento consiste na elaboração do projeto e a sua aplicação no 1º. semestre de 2007 para a disciplina CÁLCULO do Curso de HSA da FATEC-SP.

O presente trabalho teve como um dos pontos de partida a hipótese de que romper com alguns paradigmas tradicionais, em sala de aula, e introduzir uma abordagem interdisciplinar, para os Cursos de Tecnologia, poderia ser um instrumental metodológico pertinente para a motivação dos alunos, a fim de integrar teoria e prática, conteúdo e realidade, com o objetivo de atingir a transversalidade no currículo escolar. Essa idéia de uma aprendizagem significativa, baseada em um ensino para a compreensão, fundamenta-se na seguinte hipótese enunciada: “As condições que representam uma metodologia de ensino que diversifica a forma de abordagem do conteúdo a ser apresentado, que permite aos alunos relacioná-los a situações reais a serem vivenciadas no futuro, conduzem para uma maior motivação para a aprendizagem matemática”.

Ao defender esta hipótese, desde o início analisaram-se,

- os perfis de um Tecnólogo na área Ambiental;
- a problemática atual do ensino de Matemática nos ciclos Fundamental e Médio;
- o perfil dos alunos ingressantes nos Cursos de Tecnologia da FATEC-SP;
- a metodologia de ensino tradicional praticada pela maioria dos docentes do Ensino Superior.

A proposta, agora, é relacionar cada tópico do conteúdo da disciplina CÁLCULO com os textos problematizadores, extraídos e selecionados dos livros, periódicos e outras fontes da área Ambiental e Hidráulica, de modo a despertar motivação intrínseca no aluno, para a aprendizagem da construção do conhecimento matemático.

Para Bordenave e Pereira (2001, p.126), no processo de ensino-aprendizagem, essa é a etapa inicial de problematização, na qual os alunos obtêm uma visão sincrética do assunto em pauta, para depois apresentar a etapa de teorização, e a etapa de transferência e generalização do aprendido.

#### ESTRATÉGIA DE TRABALHO

- Aulas exploratórias com textos problematizadores;
- Aulas expositivas na construção do conhecimento matemático;
- Aulas de resolução de exercícios para a compreensão;
- Horário de atendimento aos alunos na FATEC-SP;
- Disponibilidade de atendimento via Internet.

**Textos Problematizadores.** Os textos interessantes e desafiadores serão apresentados aos alunos, previamente selecionados, com grau de dificuldade adequado para o Curso de HSA, formulados na linguagem original, com a citação da respectiva fonte. Os alunos explorarão o texto, não para apontar soluções, em grupos ou não, mas tentar identificar:

- em que contexto se situa a descrição do problema;
- qual é o objeto matemático envolvido no texto;
- o significado físico, mesmo intuitivamente, do objeto desconhecido;
- por meio de auto-avaliação, o seu grau de condição matemática para uma possível compreensão do objeto matemático, se ele já é conhecido (ressalta-se que o grupo é constituído de calouros e veteranos);
- possíveis esquemas cognitivos do conteúdo quanto às dificuldades de natureza epistemológica;
- o conteúdo matemático necessário para a compreensão do texto problematizador.

Enquanto os alunos discutem, o professor observa, organiza, intervém, controla, incentiva e troca idéias. Após um determinado tempo, suficiente para os alunos engajarem as idéias contidas no texto problematizador com o seu Curso de HSA como um todo, finaliza-se a parte exploratória da aula. A partir de um consenso geral, de que existe uma necessidade de adquirir um novo conhecimento matemático, para a real compreensão da literatura que contém o texto problematizador, o professor estabelece qual é o novo conceito matemático a construir. Inicia-se, assim, a construção e o desenvolvimento, formalizando as definições, as propriedades, os critérios, as regras e os teoremas relacionados com o tópico visado.

Nessa fase teórica de construção do conhecimento matemático, é preciso ressaltar a importância de desenvolvimento e aprendizagem dos interacionistas Piaget e Vygotsky, procurando sustentar a motivação dos alunos, na Zona de Desenvolvimento Proximal.

O desequilíbrio na estrutura cognitiva do aluno ocorrerá em cada etapa do desenvolvimento do assunto em foco, e, portanto, a sua reequilibração deverá ocorrer através da assimilação e da acomodação para a aprendizagem do capítulo todo. Assim, é preciso muita cautela na elaboração e seleção dos tipos de micro-exercícios, para a compreensão dos conceitos e/ou das regras inseridos nas sub-unidades do conteúdo. Caso contrário, a desmotivação para o aprender instalar-se-á na estrutura cognitiva do aluno.

**Exercícios para a compreensão.** São exercícios algébricos para a compreensão dos conceitos e/ou regras, que cada assunto exige, ou problemas contextualizados, a serem trabalhados em sala de aula e em casa.

Nos exercícios para a compreensão do assunto de forma contextualizada, deve-se levar em conta a diminuição do nível de abstração do Cálculo, procurando buscar a correlação entre a Matemática e outras possíveis atividades reais que os alunos poderão encontrar. É importante, também, retornar ao texto problematizador, para elaborar problemas de aplicação sobre o assunto envolvido.

### **3.4 Criação do projeto**

Em atendimento ao Plano de Ensino-Aprendizagem (ANEXO 1), estabelecido para a disciplina CÁLCULO do Curso de HSA da FATEC-SP, é proposto um novo conteúdo programático, que possa ser viabilizado em 20 (vinte) semanas letivas de cada semestre do Calendário de Atividades Didáticas, aprovado pela Congregação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo. A metodologia adotada é baseada nas aspirações dos alunos que determinam uma maior motivação para a aprendizagem do CÁLCULO: uma abordagem interdisciplinar em que, de início, o professor apresenta um problema real a ser vivenciado na modalidade do curso; e, a partir daí, começar a construir e desenvolver o assunto, com exemplos e aplicações práticas.

### **Conteúdo Programático**

#### **1. PRELIMINARES**

- 1.1 Porcentagem
- 1.2 Médias
- 1.3 Função Polinomial do 1º. grau
- 1.4 Função Polinomial do 2º. grau
- 1.5 Função exponencial e logarítmica

#### **2. LIMITES**

- 2.1 Introdução histórica do Cálculo
- 2.2 Noção intuitiva de Limites
- 2.3 Definição formal
- 2.4 Limites fundamentais

#### **3. DERIVADAS**

- 3.1 Introdução
- 3.2 Definição – Taxa de variação instantânea
- 3.3 Significado cinemático

- 3.4 Interpretação da derivada de 1<sup>a</sup>. e 2<sup>a</sup>. ordem
- 3.5 Regras de derivação
- 3.6 Regra da Cadeia
- 3.7 Derivação implícita
- 3.8 Regra de L'Hospital
- 3.9 Otimização

#### 4. INTEGRAIS

- 4.1 Diferenciais
- 4.2 Integral de função contínua
- 4.3 Primitivas ou antiderivadas
- 4.4 Teorema fundamental
- 4.5 Tabela de primitivas imediatas
- 4.6 Integração por substituição de variável
- 4.7 Primeiras noções de equações diferenciais

A bibliografia básica e a bibliografia complementar desta proposta encontram-se no APÊNDICE B.

#### **Cronograma semanal**

<i>Semana</i>	<i>Assunto</i>
1	Orientação geral. Material de trabalho. Metodologia. Critério de Avaliação. Bibliografia. Porcentagem: <b>Texto Problematizador 1</b> Exercícios para a compreensão
2	Médias: <b>Texto Problematizador 2</b> Média aritmética. Média Geométrica. Média Harmônica Médias móveis.
3	Exercícios para a compreensão sobre Médias Função Polinomial do 1 <sup>o</sup> . grau: <b>Texto Problematizador 3</b>



- 11 Cálculo de derivadas por definição. Função derivada  
Derivadas de ordem superior  
Significado geométrico da derivada 1<sup>a</sup>. e 2<sup>a</sup>.  
Significado cinemático. Taxas relacionadas
- 12 Regras de derivação da função constante e potência  
Derivada da soma de funções. Aplicações em Física  
Derivada da função: seno, coseno e tangente  
Exercícios para a compreensão
- 13 Derivada da função exponencial  
Derivada do produto de funções  
Derivada do quociente de funções  
Exercícios para a compreensão
- 14 Regra da Cadeia. Derivada da função logarítmica  
Derivada das funções trigonométricas inversas  
Derivação implícita  
Exercícios para a compreensão
- 15 Regra de L'Hospital  
Otimização: **Texto Problematizador 8**  
Critério da 1<sup>a</sup>. derivada e Critério da 2<sup>a</sup>. derivada  
Exercícios para a compreensão
- 16 Integral Definida: **Texto Problematizador 9**  
Diferencial. Primitivas. Integral Indefinida  
Primitivas imediatas  
Exercícios para a compreensão
- 17 Teorema Fundamental do Cálculo  
Propriedades. Cálculo de áreas  
Exercícios para a compreensão

- 18 Segunda avaliação: P2  
Exercícios para a compreensão sobre as integrais
- 19 Primeiras noções de equações diferenciais:  
**Texto Problematizador 10**  
Exercícios para a compreensão
- 20 Integração por substituição de variável  
Avaliação final: PF

### **Material de Acompanhamento das aulas**

Considera-se a seguinte realidade:

- a) As salas onde serão ministradas as aulas não estão adequadas para o uso de recursos computacionais;
- b) O número de matriculados, na disciplina CÁLCULO do Curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental, varia de 50 a 80 alunos;
- c) O conteúdo programático de CÁLCULO deste curso é incompatível com a carga horária de 04 (quatro) horas-aula semanais, em dois dias, o que corresponde, na prática, a uma aula de 90 minutos, num dia, e a outra de 90 minutos, no outro: foi necessário elaborar, no mês de janeiro de 2007, um Material de Acompanhamento em sala de aula, com o objetivo de permitir o cumprimento do Cronograma Semanal estabelecido anteriormente. Este material didático de 126 páginas, com 40 referências bibliográficas, ficou disponível para a aquisição, já a partir do primeiro dia de aula, ou seja 01/02/2007.

Não será aqui reproduzido o conteúdo deste material, mas apresenta-se, a seguir, um exemplo: o do **Texto Problematizador 7**, as linhas gerais que nortearam a introdução do conceito de *Derivadas*. De forma análoga, outros **Textos Problematizadores** foram utilizados para a introdução das unidades didáticas do conteúdo programático. Esses **Textos Problematizadores** foram remetidos para o APÊNDICE C.

### 3.5 Aplicação do Projeto

Na primeira aula foram apresentados para os alunos o conteúdo programático, a metodologia de trabalho, o critério de avaliação e a bibliografia, além da necessidade de aquisição do Material de Acompanhamento.

Na aula seguinte, já com a maioria dos alunos com o Material de Acompanhamento em mãos, iniciaram-se as atividades de ensino-aprendizagem da disciplina CÁLCULO, do 1º. semestre de 2007, para o Curso de HSA da FATEC-SP.

Conforme retromencionado, exemplifica-se a Introdução de *Derivadas*, cujo **Texto Problematizador** foi o número 7: “No caso do escoamento laminar, em que predominam os esforços viscosos, a tensão tangencial pode ser expressa pela Lei de Newton da viscosidade, válida para os líquidos nos quais há proporcionalidade entre a tensão e o gradiente de velocidade, que é o caso da água:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} = -\mu \frac{dv}{dr}$$

em que  $v$  é a velocidade no ponto a uma distância  $y$  da parede da tubulação ou  $r$  da linha de centro do tubo”.

PORTO, R.de M. *Hidráulica Básica*. 2.ed., p.28, São Carlos: EESC-USP, 1999.

A aula exploratória, que objetivou a promover a motivação dos alunos para a aprendizagem de *Derivadas*, consistiu da leitura atenta do texto pelos alunos, da discussão (em grupos ou individual) e da manifestação livre e espontânea dos alunos, sem nenhuma preocupação deles apresentarem resultados corretos, concretos ou conclusivos. O professor observou, organizou, interveio, quando foi necessário, incentivou e trocou idéias, na convergência dos seguintes itens:

- De um modo geral, em que contexto se situa a descrição do problema? É um problema na área de Mecânica? É na área de Hidráulica? É na área Ambiental?
- Possivelmente, em quais disciplinas do curso de HSA estaria inserido o problema? Mecânica dos Fluidos? Sistemas Mecânicos? Hidráulica Aplicada?
- O que é um fluido? A água é um fluido? O ar é um fluido? O petróleo é um fluido?
- O que se entende por viscosidade? É uma resistência? É um atrito?

- Qual é a característica de um escoamento laminar? Existe algum outro tipo de escoamento?
- A tensão tangencial é uma força? Vamos ilustrar graficamente: sistema  $y \times v$ .
- É possível estabelecer uma função  $f$ , dada por  $v = f(y)$ ? Vamos retomar o TEXTO PROBLEMATIZADOR 4.
- O gradiente de velocidade  $\frac{dv}{dy}$  é uma velocidade? Ou é uma variação? Sendo  $y$  a direção perpendicular ao escoamento, o que ocorre com  $v$  quando  $y$  varia? Vamos analisar, intuitivamente, o significado de  $\frac{dv}{dy}$ .
- $\frac{dv}{dy}$  é o objeto matemático desconhecido. Alguém já viu algo parecido? Caso afirmativo, faça uma auto-avaliação desta condição matemática.
- É possível compreender a Lei de Newton da viscosidade, sem entender o que é  $\frac{dv}{dy}$ ?
- Vamos construir a teoria que permite compreender o significado do gradiente de velocidade.

Finalizada a parte exploratória, cientes da necessidade de aquisição de novo conhecimento para a compreensão do texto e da literatura que o contém, iniciou-se a parte da construção do conhecimento *Derivadas*. Para tanto, estudou-se:

- A taxa média de variação de uma função com ilustração gráfica;
- A taxa de variação instantânea, graficamente, para concluir o conceito de *Derivadas*;
- O significado geométrico da *Derivada* como coeficiente angular da reta tangente à curva naquele ponto;
- A definição de Função Derivada;
- A interpretação cinemática da *Derivada*;
- A interpretação das *Derivadas* como taxas relacionadas e o uso de unidades corretamente;
- O gradiente de velocidade (sua interpretação) na Lei de Newton da viscosidade.

A partir daí, o professor deu prosseguimento ao cronograma das atividades programadas, acrescido de exercícios para melhorar as habilidades no trato de *Derivadas* e de exercícios contextualizados, para melhorar e ampliar a compreensão com vistas a uma das aplicações mais importantes: OTIMIZAÇÃO.

Evidentemente, como, para cada assunto, existem inúmeros textos problematizadores interessantes e motivadores pelos quais o docente pode optar, é natural que ocorram várias abordagens diferentes na fase exploratória. As discussões podem ser mais longas para uns, e mais breves para outros. O importante é alcançar a motivação dos alunos para a aprendizagem do assunto visado.

### **3.6 Análise da execução do projeto durante o semestre**

Desde o primeiro dia de aula, a análise foi fundamentada por meio de diferentes instrumentos, entre os quais a observação direta e participante do comportamento dos alunos, principalmente quanto aos aspectos motivacionais.

Como a disciplina CÁLCULO é conhecida pelo seu alto índice de evasão e retenção, causa-lhes uma certa apreensão e expectativa negativa, predispondo-os a negligenciar a assiduidade nas primeiras aulas do semestre. No entanto, a partir da segunda semana de aulas, o que se constatou foi a presença maciça dos alunos na sala de aula.

A percepção dos alunos foi imediata, quanto à abordagem metodológica de ensino adotada por meio de Textos Problematizadores. A cada aula parecia aumentar o número de alunos, e cada vez se mostravam mais motivados e engajados em participar das discussões e manifestar opiniões sobre a exploração dos significados inseridos nos Textos Problematizadores.

Ao compreender que, para haver uma mudança da prática pedagógica, é necessária uma mudança nas crenças, concepções e valores daqueles que ensinam, uma das primeiras atitudes foi guardar os nomes (ou sobrenomes) dos alunos, o que não foi fácil, por se tratar de aproximadamente 80 alunos.

Essa forma do professor se relacionar com os alunos, tratando-os pelo nome, mudou incrivelmente a postura dos alunos, até na forma de sentar na carteira. A

atenção e a concentração se perpetuaram, não deixando a sonolência atingi-los, mesmo depois de um dia inteiro de trabalho.

Passados 30 dias do início das atividades, sentiram-se os primeiros sintomas extremamente gratificantes, como consequência da nova abordagem em oportunizar aos alunos reconhecer o papel da Matemática na sociedade, facilitar a compreensão e aquisição dos conteúdos matemáticos, não apenas o domínio das técnicas, mas a importância dentro do Curso de HSA e da futura atividade profissional. Eles foram:

- Retirada constante de livros por parte dos alunos matriculados em CÁLCULO, na biblioteca setorial do Departamento de Hidráulica e Saneamento, principalmente, os citados nos Textos Problematizadores, segundo o depoimento dos funcionários deste Departamento;
- A abordagem interdisciplinar do projeto ganhou evidências na Instituição de tal forma, que houve inúmeras solicitações de alunos de outras modalidades freqüentarem a disciplina CÁLCULO do Curso de HSA, o que foi negado pela secretaria deste Departamento, por dois motivos: primeiro, porque a estrutura desta disciplina é diferente da dos demais cursos; e, segundo, a classe não comportaria um número maior que 80 alunos, mesmo como ouvintes;
- Elogio de outros professores das disciplinas do mesmo semestre, observando que o grupo de alunos é interessado e pronto para atender as solicitações dos professores;
- No lugar das reclamações, como aconteceu nos semestres anteriores, a disciplina CÁLCULO passou a receber elogios constantes dos alunos, no Departamento de Hidráulica e Saneamento, segundo depoimento da secretária deste Departamento;
- O Departamento de Hidráulica e Saneamento passou a perceber a enorme aceitação dos alunos com a nova metodologia adotada pelo professor de CÁLCULO;
- Solicitação pelos alunos de mais exercícios, além do previsto no Material de Acompanhamento;
- O número de alunos que procuraram o professor, para sanarem dúvidas, foi três vezes maior que o das outras modalidades;
- O número de alunos que usaram a internet, para superarem dificuldades e esclarecerem dúvidas, também foi três vezes superior que o das outras turmas.

Na décima semana do semestre letivo, foi realizada a primeira avaliação, conforme prescreve o Plano de Ensino-Aprendizagem (ANEXO 1). A íntegra dessa avaliação consta do APÊNDICE D; a nota média da classe foi de 3,25.

Apesar dos avanços, os alunos não demonstraram desempenho satisfatório nesta primeira avaliação, não refletindo a dedicação e o esforço das primeiras nove semanas do curso.

A falta de conhecimentos básicos dos ciclos anteriores e, ainda, o curto período para maturação das estratégias adotadas, embora os alunos estivessem motivados, frustraram as expectativas de uma média maior de acertos.

Constatou-se o fato de que muitos alunos não tinham o hábito de estudar em grupos, e isso neutralizava as iniciativas positivas, em razão da excessiva individualidade, contribuindo para o aparecimento dos mecanismos de defesa, tais como: a resignação, a sensação de impotência, a aceitação pacífica dos resultados e até a ausência de críticas ou contestações.

Com o objetivo de melhorar os fatores diferenciadores associados a cada aluno em particular, como, por exemplo, dificuldade de raciocínio, velocidade de aprendizagem e resolução de exercícios contextualizados, foram escolhidos os que mais destacaram, na primeira avaliação, para assistirem os alunos com maior dificuldade. Estabeleceu-se um ambiente propício à discussão, entre os colegas, principalmente com relação aos alunos mais reservados. Esses alunos assistidos pelos colegas com maior dimensão cognitiva não tiveram a obrigação de encaminhar soluções aos problemas contextualizados, mas o valor formativo estava em fazer com que enfrentassem as dúvidas, as dificuldades e os exercícios de aplicação de forma ativa, conduzindo o seu processo de aprendizagem, pedindo esclarecimentos e respondendo acerca da questão discutida.

Também uma atividade, não prevista no projeto, foi solicitada aos alunos, na décima primeira semana do semestre letivo, para melhorar a capacidade de entendimento, de comunicação verbal e escrita e de saber trabalhar em equipe. Essa atividade foi um trabalho de pesquisa, a princípio nada a ver com CÁLCULO, em grupos de no máximo cinco alunos de livre constituição, sobre um tema de livre escolha entre os elementos do grupo, apresentando dois ou mais assuntos (tópicos) relacionados com o tema escolhido. Necessariamente, os temas não deveriam ser repetidos. Cada um dos assuntos pesquisados deveria ser apresentado em forma de resumo em, no máximo, uma página, citando as respectivas fontes. Destaca-se que

nenhuma recompensa extrínseca foi estabelecida para a realização deste trabalho. O trabalho, que foi entregue na décima sétima semana do semestre, foi surpreendente, pela qualidade e criatividade dos alunos em pesquisar assuntos da atualidade. A seguir, os temas e os respectivos assuntos apresentados:

#### 01. GESTÃO E MANEJO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

- Habitare - Programa de Tecnologia da Habitação
- Manual de Manejo e Gestão de Resultados da Construção Civil

#### 02. ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE

- EUA querem que Brasil assine Tratado de Preservação Florestal
- Semana Verde de Bruxelas faz Europa discutir Desafios Ambientais
- Produção de etanol pode ser desastre ecológico

#### 03. ENERGIA RENOVÁVEL

- Biocombustível requer políticas públicas
- Energias renováveis
- Energia Hidrelétrica, Biomassa e energia eólica

#### 04. NOVAS FONTES ENERGÉTICAS

- A energia que vem dos oceanos
- Angra 2 reacende o debate sobre a energia nuclear
- Segundo projeto de alcoolduto para aumentar exportações

#### 05. CRÉDITO DE CARBONO

- Anuário 2007: Análise – Gestão Ambiental
- O que são créditos de Carbono ?

#### 06. DESMATAMENTO

- Mata das Araucárias
- Floresta Amazônica
- 2030: O ano final do Cerrado

#### 07. AQUECIMENTO GLOBAL

- O custo para controlar o aquecimento global
- Protocolo de Kyoto
- Perspectivas no mundo para o futuro

#### 08. SANEAMENTO AMBIENTAL

- São Paulo ganha novo depósito de lixo na zona leste
- Volks e USP transformam material orgânico em adubo
- Saneamento será obrigatório antes do asfaltamento de ruas

## 09. BIOTECNOLOGIA

- Biotecnologia: conceito
- A Biotecnologia no Brasil

## 10. RADIATIVIDADE NO MEIO AMBIENTE

- O que é radioatividade?
- O desastre de Chernobyl

## 11. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- Partes constitutivas do sistema
- Reservas
- Reservatório de distribuição

## 12. CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS SE INTEGRAM AO MEIO AMBIENTE

- Era do dinheiro sustentável – Prédios Verdes são mais lucrativos
- Construção sustentável – Construção ecológica
- Ambiente e Construção sustentável

## 13. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

- Produção mais limpa
- Desenvolvimento sustentável: algumas contradições, muitas esperanças
- Desenvolvimento sustentável e Políticas Públicas

## 14. ECONEGÓCIOS

- Bambu na construção civil
- Telhas ecológicas
- Ecotinta mineral

## 15. CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA CONSUMIDA PELA POPULAÇÃO POR AGENTES ENDÓCRINOS

Durante a realização dos trabalhos, verificou-se que houve sensível melhora nas relações interpessoais, tanto dentro do grupo como fora dele, proporcionando maior cooperação, visão crítica e responsabilidade. O trabalho também permitiu que os alunos procurassem os respectivos professores de outras disciplinas na área de HSA.

A segunda avaliação (APÊNDICE E) realizou-se na décima oitava semana do curso e comprovou que a Matemática requer tempo para sua aprendizagem, que precisa ser de forma gradual, progressiva e motivadora; e a nota média da classe alcançou 6,28.

Apesar do final do semestre ser estressante para todos, o ambiente era de entusiasmo e de confiança, transparecendo em seus olhos a satisfação de que “valeu a pena”. E, nesse clima, foi realizada a avaliação final (APÊNDICE F), em uma das aulas da vigésima semana letiva; desta vez, a nota média apontou 5,25. Para os alunos que não atingiram os 15 (quinze) pontos no critério de avaliação estabelecido, a prova substitutiva (APÊNDICE G) foi realizada no dia 30/07/2007, início das atividades do 2º. semestre de 2007.

Quanto às dificuldades encontradas, destaca-se:

01. Os ingressantes que chegaram na segunda e terceira chamadas, após várias semanas do início das aulas;
02. Limitações do tempo para o desenvolvimento mais gradual e progressivo do conteúdo desta disciplina CÁLCULO para o Curso de HSA;
03. Limitações de tempo dos alunos para estudar em função do trabalho;
04. Muitos alunos não têm ambientes de estudo em suas casas. Foi sugerido para que se reunissem nos finais de semana, no Centro Cultural São Paulo, situado à Rua Vergueiro – Estação Metrô Vergueiro, o que acabou se tornando hábito;
05. O despreparo dos alunos em fundamentos da Matemática básica para acompanhar o desenvolvimento do Cálculo;
06. A falta de hábito de estudar, em função da progressão continuada, vivenciada pelos alunos nos ciclos anteriores;
07. Muitos ainda não têm computadores em casa;
08. A falta de salas de aula adequadas para utilizar recursos computacionais, como por exemplo, o Power Point;
09. A falta de acervos recentes na Biblioteca da FATEC-SP;
10. Segundo a lista oficial, o número de matriculados foi 76, número excessivamente alto, para possibilitar um melhor aproveitamento do desenvolvimento do Cálculo em sala de aula.

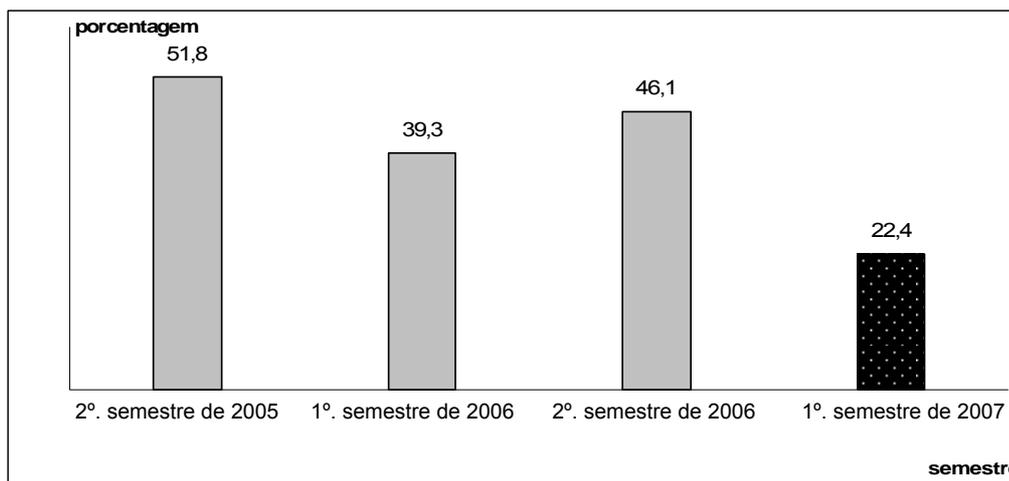
### **3.7 Análise dos resultados**

Finalizada a execução do projeto, apresenta-se, na TABELA 3, a estatística dos quatro semestres, na disciplina CÁLCULO do Curso de HSA, incluindo o semestre de execução do projeto analisado.

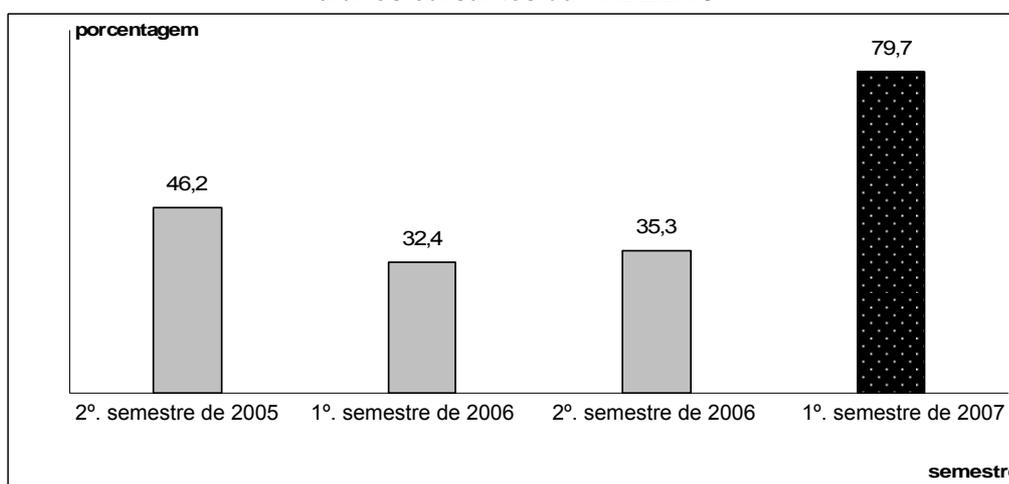
**TABELA 3 – Estatística comparativa da média dos semestres anteriores com o 1º. semestre de 2007 em HSA – Semestre de execução do projeto**  
**Porcentagem de evasão em relação ao número de matriculados**  
**Porcentagem de Aprovados e Reprovados em relação ao número de cursantes**

	Matriculados	Evasão		Cursantes	Aprovados		Reprovados	
		Número	%		Número	%	Número	%
2º. sem/2005	54	28	51,8	26	12	46,2	14	53,8
1º. sem/2006	61	24	39,3	37	12	32,4	25	67,6
2º. sem/2006	63	29	46,1	34	12	35,3	22	64,7
<b>Média dos três semestres</b>			45,7	<b>Média</b>		37,9		62,1
1º. sem/2007	76	17	22,4	59	47	79,7	12	20,3

**GRÁFICO 1 – Representação gráfica da porcentagem de evasão em relação ao número de alunos matriculados da TABELA 3**



**GRÁFICO 2 – Representação gráfica da porcentagem de aprovados em relação ao número de alunos cursantes da TABELA 3**

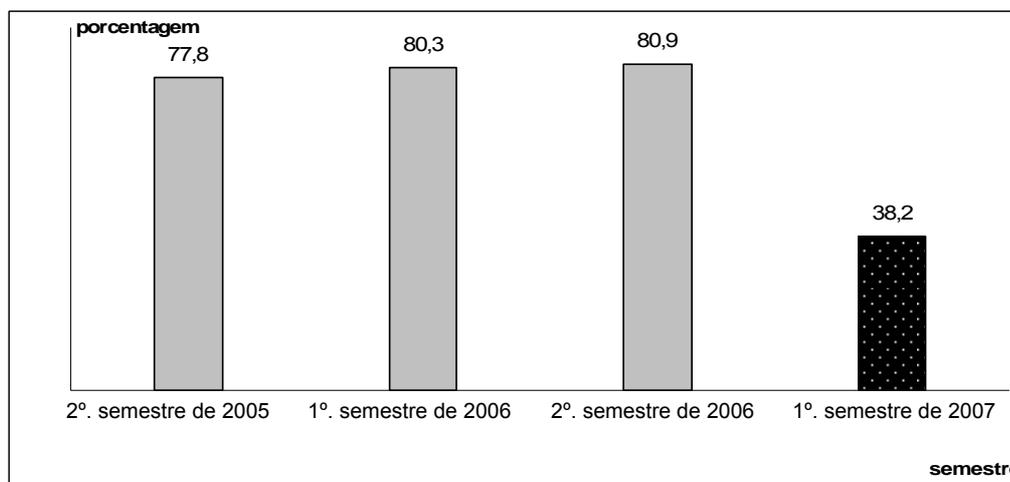


Na TABELA 4, a seguir, são apresentados os índices de aprovação e evasão/retenção em relação ao número de alunos matriculados.

**TABELA 4 – Porcentagem de índices de aprovação e de evasão/retenção em relação ao total de alunos matriculados em HSA**

semestre	Matriculados	% de aprovação	% de evasão/retenção
2º. sem/2005	54	22,2	77,8
1º. sem/2006	61	19,7	80,3
2º. sem/2006	63	19,1	80,9
Média dos três semestres		20,3	79,7
1º. sem/2007	76	61,8	38,2

**GRÁFICO 3 – Representação gráfica da porcentagem de evasão/retenção em relação ao total de alunos matriculados em HSA da TABELA 4**



Em resumo:

- Nos três semestres anteriores à execução do projeto, o índice médio era de 45,7% para evasão; 37,9% para aprovação em relação aos cursantes; 62,1% para reprovação em relação aos cursantes.
- Com relação ao número total de matriculados, o índice médio era de 20,3% para aprovação; 79,7% para evasão e retenção.

- No primeiro semestre de 2007, em que foi adotada a abordagem interdisciplinar com o objetivo de motivar os alunos em CÁLCULO, o índice de evasão foi de 22,4% contra os 45,7%, o índice de aprovação foi de 79,7% contra os 37,9%, e o índice de reprovação foi de 20,3% contra os 62,1%.

Mesmo considerado em relação ao número total de matriculados, em que a parcela dos desistentes nunca compareceu às aulas, o índice de aprovação foi de 61,8% contra os 20,3% da média dos semestres anteriores. No conjunto dos alunos desistentes e reprovados, o índice foi de 38,2% contra os 79,7% da média dos semestres anteriores.

Considerando, naturalmente, que somente os alunos que freqüentaram e cursaram a disciplina CÁLCULO, durante o semestre, tiveram a oportunidade de vivenciar a nova abordagem; o índice de aprovação de 79,7% contra os 37,9%, da média dos semestres anteriores, corresponde a um salto positivo impressionante de 110,29%. Por outro lado, o índice de reprovação de 20,3%, contra os 62,1%, corresponde a 67,31% menor que a média dos semestres anteriores.

Quantitativamente, é notório que os números apresentaram um excelente resultado, com aumento de mais de 110% nos índices de aprovação e uma diminuição de mais de 67% no índice de reprovados. Um resultado muito acima das expectativas do autor desta pesquisa, em função das inúmeras dificuldades encontradas e já apontadas.

A seguir, no QUADRO 6, uma análise qualitativa da nova abordagem realizada no final das atividades didáticas, por meio de um Questionário (APÊNDICE H) respondido pelos alunos participantes.

**QUADRO 6 – Resultados da avaliação dada pelos alunos participantes após a nova abordagem adotada para o ensino da disciplina CÁLCULO**

**01. Incremento motivacional para aprendizagem do Cálculo.** Para

9,53% aumentou em 60%

28,57% aumentou em 80% , a motivação para a aprendizagem do Cálculo.

61,90% aumentou em 100%

<p><b>02. Na abordagem interdisciplinar, foi mais atraente estudar Cálculo para</b> 100% dos pesquisados.</p>
<p><b>03. Cálculo, uma atividade matemática com envolvimento em áreas do conhecimento</b> 71,43% não sabiam que Cálculo era uma atividade de características matemáticas que envolvessem tantas áreas do conhecimento, mas os restantes 28,57% já conheciam o fato.</p>
<p><b>04. Passou a participar mais ativamente da aula em</b> 0% (2,38%)    20% (4,76%)    40% (4,76%)    60% (26,19%)    80% (38,09%)    100% (23,82%)</p>
<p><b>05. Visão das necessidades do Cálculo</b> Para 100% dos pesquisados, a nova abordagem proporcionou uma visão das necessidades do Cálculo para o Curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental.</p>
<p><b>06. Hábitos de pensamento e ação.</b> Para 14,28% ajudou POUCO, e para 85,72% ajudou MUITO a terem novos hábitos de pensamento e ação.</p>
<p><b>07. Desenvolvimento de atitudes em relação ao seu potencial de crescimento.</b> Permitiu desenvolver atitudes positivas, construtivas e otimistas em 20% (2,38%)    40% (7,15%)    60% (16,67%)    80% (38,09%)    100% (35,71%)</p>
<p><b>08. Pensamento científico.</b> Se aprender, é em grande parte, pesquisar, então o aluno passou a pensar mais cientificamente em 95,24% dos pesquisados, mas nos restantes 4,76%, ocorreu o contrário.</p>
<p><b>09. Incremento de pesquisas.</b> O aluno passou a fazer mais pesquisas sobre assuntos relacionados com Hidráulica e Saneamento Ambiental, em 97,62% dos pesquisados, mas em 2,38%, não.</p>
<p><b>10. Aumento de confiança.</b> Aumentou a confiança na capacidade de aprender, também nas outras disciplinas do curso em 95,24%, mas em 4,76%%, houve o contrário.</p>
<p><b>11. O professor.</b> O professor foi estimulador, acrescentador de novos interesses e necessidades dos alunos em <math>\left\{ \begin{array}{l} \text{BOM: } 19,05\% \\ \text{EXCELENTE: } 80,95\% \end{array} \right.</math></p>
<p><b>12. A falta de base.</b> A falta de base do ensino fundamental e do ensino médio fez falta em 88,09% dos pesquisados, mas para 11,91%, não fez falta.</p>

**13. Pergunta aberta sobre as dificuldades encontradas.** As principais foram:

1. A falta de base dos ciclos anteriores;
2. A falta de tempo para os estudos;
3. Conciliar o trabalho e a escola;
4. O ingresso de alunos na 2ª. e 3ª. chamadas, após várias semanas do início das atividades.

**14. Auto-avaliação do aluno.** Em uma escala de 0 a 10:

- 9,52% se auto-avaliaram atribuindo notas de 2 a 4;  
 73,81% se auto-avaliaram atribuindo notas de 5 a 7;  
 16,67% se auto-avaliaram atribuindo notas de 8 a 10.

**15. Nota para o professor.** Em uma escala de 0 a 10, os alunos atribuíram nota:

- 5 para 2,38%;  
 7 para 2,38%;  
 8 para 7,14%;  
 10 para 66,67% dos alunos pesquisados.

Com a aplicação deste questionário, foi possível observar que o principal vetor, que é o de desenvolver o aspecto motivacional do aluno para aprender Cálculo, foi atingido em quase sua totalidade. Tornou-se mais atraente participar do processo de ensino-aprendizagem em 100% dos pesquisados. O que confirma o pensamento de Piaget (1975) de que aprender ou não, gostar ou não de Matemática não é questão puramente vocacional ou de jeito. É, acima de tudo, resultado da forma de ensinar, da metodologia de ensino utilizada pelo professor.

Muitos não sabiam que CÁLCULO era uma disciplina de características matemáticas, de caráter integrador, para aquisição de novos conhecimentos, que envolvessem tantas áreas do conhecimento científico. Além do incremento significativo na participação do aluno, na sala de aula, a metodologia adotada permitiu proporcionar aos estudantes um panorama das necessidades do Cálculo, para melhor compreensão na formação do Tecnólogo em HSA.

Ao criar hábitos de pensamento e ação durante o semestre, os alunos desenvolveram atitudes positivas e otimistas, aumentando a confiança na capacidade de enfrentar obstáculos e novas aprendizagens no Curso de HSA.

Uma das atitudes pouco comuns dos ingressante é fazer pesquisa. Pela resposta dos alunos, inverteu-se totalmente o comportamento.

A metodologia por meio de Textos Problematizadores, de forma natural, conduziu o professor para ser mais participativo, estimulador, mediador e motivador de novos interesses e novas necessidades dos alunos, no contexto da formação do Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental, o que agradou os alunos.

Sobre as dificuldades dos alunos, como era de se esperar, o despreparo matemático dos ingressantes, reconhecido pelos próprios alunos, é a principal causa de não poderem atingir um melhor desempenho na disciplina CÁLCULO.

É possível concluir também que, pela auto-avaliação dos alunos, em torno de 75%, se sentiram intrinsecamente recompensados em participar do processo de ensino-aprendizagem do Cálculo, o que numericamente se aproxima do índice de aprovação. Ao professor coube nota 10 para dois terços dos pesquisados, o que demonstra a satisfação dos alunos por um ensino de Cálculo voltado às suas necessidades. Os resultados confirmam o que D'Ambrósio (1996, p.98) destaca: “tudo o que passa na sala de aula vai depender dos alunos e do professor, de seus conhecimentos matemáticos e, principalmente, do interesse do grupo”.

É importante salientar que os alunos preferem professores que estabelecem as questões a serem discutidas ou fornecem material de apoio inicialmente, para depois criarem ambientes que lhes permitam intervir no processo. Um clima de diálogo, que envolva conversas informais e de caráter pessoal, é também valorizado, bem como o entusiasmo do docente pelo trabalho em sala de aula. Mais importante do que organizar uma aula para satisfazer as preferências dos alunos, é conhecer as expectativas deles nos cursos onde estão inseridos, para poder atuar a partir delas e promover as mudanças necessárias para a concretização dos objetivos.

## CONCLUSÃO

Com a realização desta pesquisa, não se pretende enumerar um rol de receitas para os professores de Cálculo, tampouco apresentar conclusões definitivas sobre o ensino de Cálculo, mas, sobretudo colaborar para uma reflexão crítica no aprimoramento e diversificação, pelo menos na forma de abordagem de cada conteúdo programático, a fim de proporcionar maior motivação aos alunos no processo de ensino-aprendizagem do Cálculo.

Com a consecução dos objetivos estabelecidos e a confirmação da hipótese inicialmente enunciada, os resultados da pesquisa apontam para as seguintes conclusões:

- A investigação que foi centrada para alunos do curso de HSA (Hidráulica e Saneamento Ambiental) tem um caráter ambiental que, com as devidas proporções, permite inferir a validade dessa prática interdisciplinar, no ensino de Cálculo para outros cursos em Ciências Ambientais.
- Um ensino de Cálculo em que o docente tem a preocupação de trabalhar de forma diferenciada, de acordo com a natureza de cada curso, além de potencializar possibilidades aos alunos para um ambiente motivacional propício para a aprendizagem, permite conduzir a prática educativa de forma integradora, para a formação de uma cultura multidisciplinar.
- A maioria dos atuais alunos ingressantes não está preparada para um ensino de Cálculo estruturado e sistematizado nos moldes tradicionais, com definições, teoremas e propriedades, como na maioria dos livros didáticos de Cálculo Diferencial e Integral. Pretender, dessa forma, uma construção significativa do conhecimento matemático é uma tarefa difícil e desconfortante.
- Uma abordagem que proporcione recursos, como os textos problematizadores, que possam oferecer aos alunos a vivência de problemas reais na sua modalidade de curso, contribui para estabelecer um clima de relevância e necessidade de aprendizagem do conteúdo matemático visado.
- Na perspectiva de romper com alguns paradigmas tradicionais em sala de aula, uma prática interdisciplinar para o ensino tecnológico, além de subverter os alunos de situações de desmotivação e indiferença no dia-a-dia, proporciona a criação de novos hábitos de pensamento e de ação.

- É importante o professor colocar-se no lugar do aluno e, com ele, estruturar a exposição para conduzir à problematização contextualizada, para que, ao mesmo tempo em que aprende novos conteúdos, desenvolva sua habilidade de pensar.
- A aula exploratória, como a do texto problematizador, que cria situações para a abordagem do conteúdo, que permite ao aluno viver experiências para sua própria transformação, é o ambiente preferido do aluno que determina maior motivação em aprender Cálculo e, conseqüentemente, menor índice de evasão (desistência) e retenção (reprovação).
- Tratar o processo de ensino-aprendizagem de adultos na sua individualidade, ou seja, em si mesmo e não de forma integradora para uma formação multidisciplinar, negligenciando as peculiaridades e as necessidades das disciplinas profissionalizantes, bem como os interesses dos alunos, é levá-los à motivação negativa e, em conseqüência, à perda da auto-estima e da confiança nas suas habilidades e potencialidades.
- Um ensino de Cálculo que desperte motivação dos alunos, na área de Ciências Ambientais, em que a interdisciplinaridade se legitimou como um princípio para a Educação Ambiental, é usar uma abordagem de modo a oferecer aos alunos instrumentos necessários para vivenciar os conceitos, para depois formalizá-los. Com isso, permitir a exploração dos múltiplos significados e representações destas idéias, mantendo o professor em contínua atualização.
- Pelas aspirações dos estudantes de outras modalidades dos Cursos de Tecnologia da FATEC-SP que propiciam maior motivação para a aprendizagem do Cálculo, é possível inferir, generalizar o projeto executado e analisado para estas outras modalidades e também para outros cursos superiores, com as devidas adaptações nos Textos Problematizadores.

Ao término desta pesquisa, apesar dos objetivos inicialmente traçados terem sido totalmente alcançados, ressalta-se que a investigação não termina aqui. Ao docente de Cálculo, um educador antes de tudo – pelo seu inconformismo com a realidade vigente, pelo seu questionamento das problemáticas em sala de aula no dia-a-dia –, pela natureza intrínseca de que trabalha com a mudança e para a mudança, é necessária a continuidade da pesquisa sobre o presente tema, com o objetivo de superar as limitações do presente trabalho e/ou, principalmente, promover novos questionamentos, tais como:

- De que forma, a perspectiva interdisciplinar pode influenciar e engajar outros professores de Cálculo, nos Cursos de Tecnologia, para uma transformação do ambiente em sala de aula e da dinâmica motivacional ao longo do semestre?
- Apesar dos depoimentos dos alunos indicarem que a prática interdisciplinar promoveu alterações positivas de hábito no seu cotidiano, é correto afirmar que essas novas atitudes não serão esquecidas, ou serão vivenciadas em outros contextos?
- Quais são os aspectos motivacionais que se diferenciam no adulto, para o sucesso na construção do conhecimento significativo?

Espera-se que a investigação, além de tornar-se um instrumento prático de desenvolvimento profissional do docente de Cálculo, tenha a possibilidade de promover focos de inovações, com o objetivo de orientar o ensino e a pesquisa, sem perder de vista o cidadão que almeja formar-se.

## REFERÊNCIAS

- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- ASTOLFI, J. ; DELEVAY, M. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus, 1999.
- BABBITT, H.E.; DOLAND, J.J.; CLEASBY, J.L. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Edgard Blücher, 1962.
- BACETE, F. J. G. ; BETORET, F. D. Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. **Revista Española de Motivación y Emoción**, 1, p.55-65, 2000.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BALDINO, R. R. Cálculo Infinitesimal: passado ou futuro?. **Temas e Debates**, Blumenau, v.8, n.6, p.5-21, 1995.
- BARBOSA, M. A. **O insucesso no ensino e aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral**. 102f. Mestrado em Educação – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.
- BARUFI, M. C. B. **A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral**. 184f. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- BERGAMINI, C. W. **Motivação nas organizações**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- BONAMINO, A. C. de. ; BRANDÃO, Z. Posfácio. In: BRANDÃO, Z. (Org.). **A crise dos paradigmas e a educação**. 9.ed. São Paulo: Cortez, 2005.
- BORDENAVE, J. D. ; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 22.ed. Petrópolis: Vozes, 2001.
- BORSARI, R. D. *et al.* **Condutos Livres**. Notas de Aula do Curso PHD 2301 Hidráulica 1, p.24, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da USP, 2004.

BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. **Química Geral**. v.2, 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BROUSSEAU, G. **Theory of didactical situations in mathematics**. Didactique des mathématique, 1970 – 1990. Dordrecht Kluwer Academic Publisher, v.19, 1997.

BZUNECK, J. A. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, E. ; BZUNECK, J. A. (Orgs.). **A motivação do aluno**: contribuições da psicologia contemporânea. 3.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

CALLIARI, L. R. **A contextualização na Matemática** – uma alternativa para o ensino. 101f. Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CASADO, T. A motivação e o trabalho. In: FLEURY, M. T. L.(Org.). **As pessoas na organização**. São Paulo: Gente, 2002.

CHAUÍ, M. A universidade pública sob nova perspectiva. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n.24, p.5-15, dez. 2003.

CHEVALLARD, Y. **El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico**. Researches en didactique des mathématique, v.19, n.2, p.221-266, 1999.

D'AMBRÓSIO, U. **Educação Matemática**: da teoria à prática. Campinas: Papirus, 1996.

DIAS, F. G. **Eco percepção**. São Paulo: Gaia, 2004.

DIOGO, M. das G. V. de S. **Uma alternativa para o ensino de Cálculo de funções de uma variável real**. 166f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DRUCKER, P. **O fator humano e desempenho**. São Paulo: Pioneira, 1991.

DUVAL, R. Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Aprendizagem matemática**. São Paulo: Papirus, p.11-33, 2003.

ENERGIAS Renováveis. **Revista Gerenciamento Ambiental**. p.22-26, ano 7, n.32, 2005.

FERRUZZI, E. C. **A Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral nos Cursos Superiores de Tecnologia**. 161f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GERMAIN, C. Interdisciplinarité et globalité: remarques d'ordre épistémologique. **Revue des Sciences de l'éducation**. XVII(1), p.142-152, 1991.

GODOY, A. S. Revendo a aula expositiva. In: MOREIRA, D. A. (Org.). **Didática do ensino superior: técnicas e tendências**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p.75.

GOIS, A. Metade dos universitários não se forma. **Folha de S. Paulo**, 31 dez. 2006. Cotidiano. Disponível:<<http://www.1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff3112200601.htm>>. Acesso em: 01 jan. 2007.

GOOCH, B. J. ; McDOWELL, P. J. Use of anxiety to motivate. **Personnel Journal**, EUA, apr. 1988.

GUIMARÃES, M. **A formação de educadores ambientais**. 2.ed. Campinas, SP: Papirus, 2005.

HUNTER, S. **A motivação é o sucesso: virando o jogo na vida profissional**. São Paulo: Futura, 2007.

KELLER, J. M. **Strategies for stimulating the motivation to learn** – Performance and instruction. 26(8), p.1-7, 1987.

LEGENBRE, M.-F. Contribuição do modelo da equilibração para o estudo da aprendizagem no adulto. In: DANIS, C. ; SOLAR, C. (Orgs.). **Aprendizagem e desenvolvimento dos adultos**. Lisboa: Piaget, 1998.

LENOIR, Y. Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Didática e Interdisciplinaridade**. 11.ed. São Paulo: Papirus, 2006.

LÉVY-LEBOYER, C. **A crise das motivações**. São Paulo: Atlas, 1994.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 14.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

MACEDO, A. R. de. Apresentação. In: MOTOYAMA, S. (Org.). **Educação técnica e tecnológica em questão: 25 anos do CEETEPS – Uma história vivida**. São Paulo: UNESP/CEETEPS, 1995.

MACHADO, N. J. **Epistemologia e Didática**. As concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente. 6.ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MAIA, C. Em busca de satisfação. **Revista Ensino Superior**. ano 8, n.96, p.46-47, São Paulo: Segmento. set.2006.

MALGLAIVE, G. **Ensinar adultos: Trabalho e Pedagogia**. Porto: Porto, 1995.

MARCONDES, D. A crise de paradigmas e o surgimento da modernidade. In: BRANDÃO, Z. (Org.). **A crise dos paradigmas e a educação**. 9.ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 6.ed. rev.e ampl. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTINS, L. C. *et al.* Poluição Atmosférica e Pneumonia e Gripe. **Rev. Saúde Pública**. 36(1) p. 88-94, 2002.

MATEUS, P. **Cálculo Diferencial e Integral nos livros didáticos: uma análise do ponto de vista da organização praxeológica**. 188f. Mestrado Profissional em Ensino de Matemática – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

MENDONÇA, A. W. P. C. A história da educação face à “crise dos paradigmas”. In: BRANDÃO, Z. (Org.). **A crise dos paradigmas e a educação**. 9.ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MILANI, R. **Concepções infinitesimais em um Curso de Cálculo**. 254f. Dissertação de Mestrado em Educação Matemática – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

MOREIRA, D. A. Elementos para um plano de melhoria do ensino universitário ao nível de instituição. In: MOREIRA, D. A. (Org.). **Didática do ensino superior: técnicas e tendências**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p.63-74.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

NEVES, M.do C. ; CARVALHO, C. A importância da afetividade na aprendizagem da matemática em contexto escolar: um estudo de caso com alunos do 8º. ano. **Análise Psicológica**. v.24, n.2, p.201-215, abr.2006.

OLIMPIO JUNIOR, A. **Compreensões de conceitos de Cálculo Diferencial no primeiro ano de Matemática**: uma abordagem integrando oralidade, escrita e informática. 264f. Tese de Doutorado em Educação Matemática – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

OLIVEIRA, M. K. de. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico. 4.ed. São Paulo: Scipione, 2006.

PAULETTE, W. **Novo enfoque da disciplina Matemática e suas aplicações, no Curso de Administração de Empresas da Universidade Paulista Unip**. 398f. Tese de doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. Os processos de ensino-aprendizagem: análise didática das principais teorias da aprendizagem. In: SACRISTÁN, J. G. ; PÉREZ GOMÉZ, A. I. **Compreender e transformar o ensino**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PETEROSSO, H. G. Parte III – Fase atual. In: MOTOYAMA, S. (Org.). **Educação técnica e tecnológica em questão: 25 anos do CEETEPS – Uma história vivida**. São Paulo: UNESP/CEETEPS, 1995.

PIAGET, J. La epistemología de las relaciones interdisciplinarias. In: APOSTEL, L. *et al.* **Interdisciplinariedad – Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades**. Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, 1ª. reed., p.153-171, México, 1979.

\_\_\_\_\_. **Psicologia e Pedagogia**. São Paulo: Forense, 1975.

PORTO, R.de M. **Hidráulica Básica**. 2.ed. São Carlos: EESC-USP, 1999.

REZENDE, W. M. **O ensino de Cálculo: dificuldades de natureza epistemológica**. 450f. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RODGERS, D. L. ; WITHROW-THORTON, B. J. The effect of instructional media on learner motivation. **International Journal of Instructional Media**. 22 set.2005. Disponível:<<http://www.mywire.com/pubs/InternationalJournalofInstructionalMedia/2005/09/22/1370724/print/>>. Acesso em: 05 ago. 2007.

ROMBERG, T. A. Perspectives on scholarship and research methods. In: CROWS, D. A. **Handbook of research on mathematics teaching and learning**. New York, NCTM, 1992.

ROSSI, C. UE também quer “parceria estratégica”. **Folha de S. Paulo**, 24 mar. 2007. Dinheiro, p. B5.

ROVAI, E. Um encontro com o passado pensando o futuro. In: ROVAI, E. (Org.). **Ensino vocacional: uma pedagogia atual**. São Paulo: Cortez, 2005. p.175-192.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 22.ed. rev.e ampl. São Paulo: Cortez, 2002.

SINOPSE de fatos relevantes do Brasil e do mundo. **Revista Gerenciamento Ambiental**. p.7, ano 5, n.23, jan./fev. 2003.

SOARES, L. Com a palavra, o professor. **Revista VEJA**, São Paulo, ed.1950, ano 39, n.13, p.108-113, abr. 2006.

STIPEK, D. J. **Motivation to learn: from theory to practice**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993.

TEDESCHI, W. **O ensino de Cálculo na formação do professor das áreas exatas: o olhar dos alunos**. 215f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

TOMAZ, P. **Poluição Difusa**. São Paulo: Navegar, 2006.

TURNER, J. C. *et al.* The Classroom Environment and Students' Reports of Avoidance Strategies in Mathematics: A Multimethod Study. **Journal of Educational Psychology**. v.94, n.1, p.88-106, 2002.

WATANABE, K. Parte II – Fase de consolidação. In: MOTOYAMA, S. (Org.). **Educação técnica e tecnológica em questão: 25 anos do CEETEPS – Uma história vivida**. São Paulo: UNESP/CEETEPS, 1995.

ZAGURY, T. **O professor refém: para pais e professores entenderem por que fracassa a educação no Brasil**. Rio de Janeiro: Record, 2006.

**APÊNDICE A**  
**Avaliação diagnóstica em Matemática**

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Março de 2006

Prezado aluno:

Agradeço sua colaboração nesta avaliação. O interesse é avaliar a retenção de conhecimentos básicos de Matemática do ensino fundamental e ensino médio, dos alunos que estão matriculados em Métodos de Cálculo I ou disciplinas equivalentes. Suas respostas serão levadas em conta como parte de uma amostra escolhida e não individualmente com o objetivo de aperfeiçoar continuamente o aprendizado. Peço que responda todas as questões, o que deve levar em torno de 30 minutos.

Matriculado na modalidade ..... Período .....

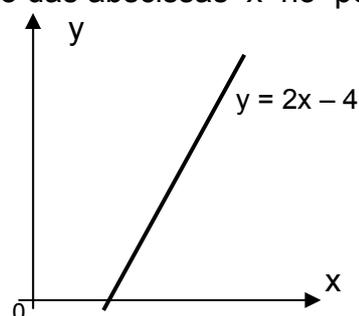
Para todas as questões, assinale **V**, se a afirmação for **verdadeira** ou **F**, caso contrário.

01. Os números irracionais  $\pi$  e  $\sqrt{3}$  são tais que  $3 \leq \pi < 2\sqrt{3}$ .  
V ( )      F ( )
02. A fração  $\frac{9}{4}$  é o mesmo que  $\frac{3}{2}$ .  
V ( )      F ( )
03. Se  $a \cdot b = 1$ , então  $a = 1$  ou  $b = 1$ .  
V ( )      F ( )
04. Para  $a$  e  $b$  não nulos, a expressão  $(a^{-1} \cdot b)^{-1}$  é equivalente a  $\frac{a}{b}$ .  
V ( )      F ( )
05. Se  $a^2 = b^2 + c^2$ , então podemos extrair a raiz quadrada de ambos os membros para obter  $a = b + c$ .  
V ( )      F ( )
06. Se  $x$  e  $y$  não são nulos, então  $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{x + y}$ .  
V ( )      F ( )
07. O produto  $2\left(x - \frac{1}{2}\right) \cdot (x + 1)$  é igual a  $(2x - 1) \cdot (2x + 2)$ .  
V ( )      F ( )

08. Dividindo o polinômio  $x^3 - x + 1$  por  $x^2 - 1$ , obtemos quociente  $x$  e resto 1. Isto significa que  $\frac{x^3 - x + 1}{x^2 - 1} = x + \frac{1}{x^2 - 1}$ .  
**V ( ) F ( )**

09. Na expressão algébrica  $y = \frac{x(x + 2)}{x + 1}$  podemos simplificar o numerador e o denominador para obter  $y = \frac{x + 2}{2}$ .  
**V ( ) F ( )**

10. A reta da figura abaixo intercepta o eixo das abscissas  $x$  no ponto de abscissa  $x_0 = 2$ .



**V ( ) F ( )**

11. Certamente  $x_0 = -1$  é uma raiz da função  $f(x) = -x^2 + 1$ .  
**V ( ) F ( )**

12. Todo gráfico de uma função do 2º. grau  $f(x) = ax^2 + bx + c$ ,  $a \neq 0$ , admite um eixo de simetria.  
**V ( ) F ( )**

13. Um dos pontos de intersecção dos gráficos de  $y = x^2$  e  $y = x$  pertence ao segundo quadrante.  
**V ( ) F ( )**

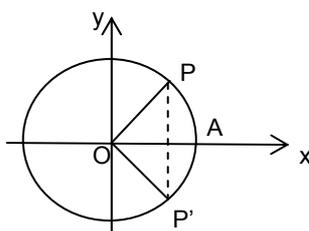
14. Se  $\log_3 x = 4$ , então  $3^x = 4$ .  
**V ( ) F ( )**

15. As funções exponenciais  $y = 2^x$  e  $y = 2^{-x}$  são funções crescentes, porque ambas as bases são um número maior que 1.  
**V ( ) F ( )**

16. A função  $f(x) = \sin 4x$  pode ser escrita  $f(x) = 4 \sin x$ , porque 4 é uma constante.  
**V ( ) F ( )**

17. O determinante da matriz  $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$  é um número positivo.  
**V ( ) F ( )**

18. Se, na circunferência trigonométrica, os pontos  $P$  e  $P'$  são simétricos em relação ao eixo  $x$ , então o cosseno do arco  $AP$  e do arco  $AP'$  são iguais.



V ( ) F ( )

19. A equação  $x^2 + 2xy + y^2 = 1$  representa uma circunferência centrada na origem e raio unitário.

V ( ) F ( )

20. O número  $3!$  (fatorial de 3) é um número par.

V ( ) F ( )

21. O termo geral da seqüência  $\left(1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots\right)$  é  $\frac{1}{2n}$ .

V ( ) F ( )

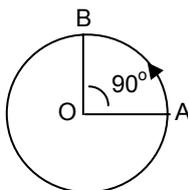
22. Existe o cubo cujo volume é numericamente igual à área de suas faces.

V ( ) F ( )

23. As diagonais de um retângulo são perpendiculares entre si.

V ( ) F ( )

24. Uma pessoa caminha de  $A$  até  $B$  sobre o arco  $AB$  contido na circunferência de raio 2 metros.



A distância percorrida por esta pessoa é igual a  $\pi$  metros.

V ( ) F ( )

25. Uma mercadoria custa R\$ 100,00. Dois descontos sucessivos de 10% são iguais a R\$ 20,00.

V ( ) F ( )

## APÊNDICE B

### Bibliografia Básica e Complementar do Projeto

#### Bibliografia Básica

ANTON, H. **Cálculo**: um novo horizonte. v.1, 6.ed., Porto Alegre: Bookman, 2000.

HUGHES-HALLET, D. *et al.* **Cálculo e Aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

IEZZI, G. *et al.* **Matemática**: ciência e aplicações. v.1, 4.ed. São Paulo: Atual, 2006.

THOMAS, G. B. **Cálculo**. v.1, 10.ed., São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

#### Bibliografia Complementar

BATSCHELET, E. **Introdução à Matemática para Biocientistas**. São Paulo/Rio de Janeiro: Universidade de São Paulo/ Interciência, 1978.

HOFFMANN, L. D. ; BRADLEY, G. L. **Cálculo**: um curso moderno e suas aplicações. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

STEWART, J. **Cálculo**. v.1, 4.ed., São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2002.

WALTHAM, D. **Mathematics**: a simple tool for geologists. London: Chapman & Hall, 1995.

## APÊNDICE C

### Textos Problematizadores

01. Porcentagem – **Texto Problematizador 1:** *“Para cada litro de água que existe na Terra há: 970 ml de água salgada e 30 ml de água doce. Desses 30 ml : 22,8 ml encontram-se na forma de gelo, nas calotas polares, portanto de difícil aproveitamento; 3,7 ml são de águas subterrâneas profundas, de difícil acesso ; e 3,5 ml são realmente disponíveis”.*

DIAS, F. G. *Eco percepção*. p. 20, São Paulo: Gaia, 2004.

02. Médias – **Texto Problematizador 2:**

PRIMEIRO: *“As manifestações biológicas dos efeitos da poluição sobre a saúde aparentemente apresentam um comportamento, que mostra uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores. O que quer dizer que os atendimentos observados em um dia específico podem estar relacionados à poluição do referido dia, como também com a poluição observada em dias anteriores. Para uma definição mais precisa do modelo a ser utilizado, a determinação de uma estrutura de defasagem adequada é fundamental. Optou-se por utilizar médias móveis dos poluentes, variando de dois a sete dias, em que, por exemplo, a média móvel de seis dias é a média da poluição do dia em questão e dos cinco anteriores”.*

MARTINS, L. C. et al. *Poluição Atmosférica e Pneumonia e Gripe*. Rev. Saúde Pública, 2002 ; 36(1) : 88-94.

SEGUNDO: *“Existem vários parâmetros indicadores de qualidade da água relacionados a diferentes tipos de poluição. A dinâmica da concentração de DBO e OD oferece importantes parâmetros indicadores da qualidade das águas. Como o número de parâmetros é grande e suas características diferentes, surge o problema de como proceder para incorporar, em um único índice, uma informação consolidada dos problemas de poluição da água em um dado rio ou lago. O índice de qualidade da água (IQA) surge como uma alternativa para essa questão. O índice é uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos”.*

BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*, 2ª. edição, p. 103, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

03. Função Polinomial do 1º. grau – **Texto Problematizador 3:** *“O critério de dimensionamento de um reservatório para melhoria de qualidade  $WQ_V$ , para*

controle da poluição difusa, especifica o volume de tratamento necessário para remover uma parte significativa da carga de poluição total existente, no escoamento superficial das águas pluviais. Para aplicação do método de Schueler, a obtenção de *first flush* (“carga de lavagem”) é obtida da seguinte maneira: o valor  $P$  da precipitação adotada é obtido com 90% das precipitações que produzem *runoff* (“aumento do volume do escoamento superficial”). O valor do *first flush*  $P$  assim obtido fará uma redução de 80% dos Sólidos Totais em Suspensão (TSS) como de outros parâmetros dos poluentes. O volume obtido será dependente do *first flush*  $P$  e da área impermeável. SCHUELER (1987) obteve, por análise de regressão linear, as equações seguintes para achar o volume  $WQ_V$ :

$$R_V = 0,05 + 0,009 \cdot AI \quad \text{e} \quad WQ_V = \left( \frac{P}{1000} \right) \cdot R_V \cdot A, \text{ em que}$$

$R_V$  = coeficiente volumétrico que depende da área impermeável ( $AI$ ).

$AI$  = área impermeável da bacia em percentagem ( $AI \geq 25\%$ ).

$A$  = área da bacia em  $m^2$ , em que  $A \leq 100$  ha ( $1 \text{ km}^2$ ).

$P$  = precipitação adotada (mm) sendo  $P \geq 13$  mm. Adota-se  $P = 25$  mm para RMSP.

$WQ_V$  = volume para melhoria da qualidade das águas pluviais ( $m^3$ ).

TOMAZ, P. *Poluição Difusa*. p.3-7. São Paulo: Navegar, 2006.

04. Função Polinomial do 2º. grau – **Texto Problemático 4**: “A relação entre a velocidade média  $v$  e a máxima  $v_{m\acute{a}x.}$ , em um conduto circular, em que se produz escoamento laminar, a distribuição de velocidades é dada pela lei:

$$v = v_{m\acute{a}x.} \left( 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right)$$

e, no caso turbulento, em tubos lisos, é dada por  $v = v_{m\acute{a}x.} \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{7}}$ , em que  $R$  é o raio do conduto circular e  $r$  é a distância da linha de centro do tubo a um ponto em que a velocidade é  $v$ ”.

PORTO, R.de M. *Hidráulica Básica*. 2.ed., p.23, São Carlos: EESC-USP, 1999.

## 05. Função Exponencial e Função Logarítmica

**Texto Problematizador 5:** “MEDIDA DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO – A grandeza da constante de velocidade, que é a velocidade da reação, quando todas as concentrações têm valor igual a um, depende de um número de fatores. Essa grandeza depende, em parte, da frequência de colisões. A velocidade de reação também é afetada pelas orientações das moléculas, durante uma colisão, e pela energia cinética que as moléculas precisam ter, quando colidem. Esses fatores são

relatados quantitativamente pela equação:  $k = A \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T}}$  (1)

que é conhecida como *Equação de Arrhenius*, após sua descoberta pelo químico sueco Svante Arrhenius. Na equação, “e” é a base dos logaritmos naturais,  $R$  é a constante dos gases,  $T$  é a temperatura absoluta,  $k$  é a constante de velocidade e  $E$  é a energia de ativação. O fator  $A$  é uma constante de proporcionalidade, cuja magnitude está relacionada com a frequência de colisão e, também, com a importância das orientações moleculares durante uma colisão.

A equação de Arrhenius fornece-nos um meio de determinarmos o valor da energia de ativação (além do fator  $A$ ), a partir de medições da constante de velocidade  $a$ , pelo menos, duas temperaturas diferentes. Tomando o logaritmo natural da equação

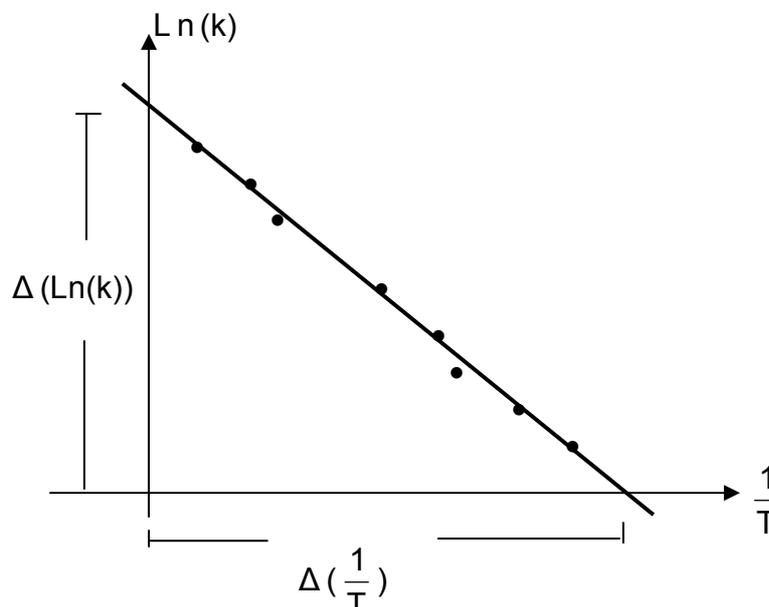
(1), teremos:  $\ln(k) = \ln(A) - \frac{E}{R \cdot T}$  (2)

Podemos comparar esta equação à equação de uma linha reta:

$$\begin{array}{ccccccc} \ln(k) & = & \ln(A) & - & \frac{E}{R} & \left( \frac{1}{T} \right) & \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & \downarrow & \\ y & = & b & + & a & \cdot & x \end{array}$$

Assim, um gráfico de  $\ln(k)$  versus  $\frac{1}{T}$  dá uma linha reta, cuja inclinação “a” é igual a  $-\frac{E}{R}$  e cuja intersecção “b” com o eixo das ordenadas é o  $\ln(A)$ .

**GRÁFICO 4** – Determinação gráfica da energia de ativação  $E$ . Os pontos sobre a linha representam os logaritmos naturais das constantes de velocidade, experimentalmente medidas a várias temperaturas. Determina-se a inclinação da linha que melhor se ajusta aos dados experimentais.



Podemos, também, obter  $E$  a partir do valor de  $k$ , a duas temperaturas, por cálculo direto. Para qualquer temperatura,  $T_1$ , a equação (1) torna-se  $k_1 = A \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T_1}}$ , e para qualquer outra temperatura  $T_2$ , podemos escrever  $k_2 = A \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T_2}}$ . Dividindo  $k_1$  por  $k_2$ , temos:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{A \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T_1}}}{A \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T_2}}} = e^{\frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}. \text{ Tomando o logaritmo natural de ambos os lados,}$$

obtemos  $\text{Ln} \left( \frac{k_1}{k_2} \right) = \frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ . Convertendo essa expressão para logaritmo de

base 10, temos:  $\log \left( \frac{k_1}{k_2} \right) = \frac{E}{2,303} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ . Essas equações podem ser usadas

para calcular  $E$ , se as constantes de velocidade, a duas temperaturas diferentes, são conhecidas. Elas podem, também, ser usadas para calcular a constante de velocidade a qualquer temperatura específica, se são conhecidos  $E$  e  $k$  a qualquer outra temperatura. Quando  $E$  está em joules (ou quilojoules), usamos  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

06. Limites – **Texto Problematizador 6:** “A DBO é determinada em laboratório, à temperatura de 20°C, sendo mais utilizado o valor correspondente a 5 dias. Esta é a chamada DBO padrão (5 dias, a 20°C). A curva da DBO carbonácea é expressa pela equação:  $DBO_t = DBO_T (1 - 10^{-k \cdot t})$ , em que

$DBO_t$  é o DBO em um tempo  $t$  (mg/l),

$DBO_T$  é o DBO total da reação carbonácea ou DBO do 1º. estágio (mg/l),

$k$  é o coeficiente de desoxigenação ( $\text{dia}^{-1}$ ), e

$t$  é o tempo (dia).

O coeficiente  $k$  depende da natureza da matéria orgânica, da temperatura e da presença de substâncias inibidoras”.

MOTA, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. p.124. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

07. Derivadas – **Texto Problematizador 7:** “No caso do escoamento laminar, em que predominam os esforços viscosos, a tensão tangencial pode ser expressa pela Lei de Newton da viscosidade, válida para os líquidos nos quais há proporcionalidade entre a tensão e o gradiente de velocidade, que é o caso da água:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} = -\mu \frac{dv}{dr}$$

em que  $v$  é a velocidade no ponto a uma distância  $y$  da parede da tubulação ou  $r$  da linha de centro do tubo”.

PORTO, R.de M. *Hidráulica Básica*. 2.ed., p.28, São Carlos: EESC-USP, 1999.

08. Otimização – **Texto Problematizador 8:** “Um conduto é de máxima eficiência ou mínimo custo, quando é máxima a vazão, para uma determinada área, coeficiente de atrito e declividade. Dada a declividade e rugosidade, a seção de máxima eficiência exige uma área de escoamento mínima para uma dada vazão”.

BORSARI, R. D. et al. *Condutos Livres*. Notas de Aula do Curso PHD 2301 Hidráulica 1, p.24, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da USP, 2004.

09. Integrais – **Texto Problematizador 9**

PRIMEIRO: “Uma análise matemática simples dos efeitos competitivos sobre as temperaturas do ar do sulfato contra o dióxido de carbono pode ser estruturada. Considere um período de tempo durante o qual as emissões tanto de  $SO_2$  como de

CO<sub>2</sub> no ar aumentam linearmente com o tempo (esta é uma boa aproximação com relação ao comportamento das emissões atuais para grande parte do século XX). Assim, o resfriamento provocado pelo aerossol de sulfato, em qualquer tempo  $t$ , após o início do aumento de forma linear, será igual a uma constante  $A$  vezes a taxa de emissão de SO<sub>2</sub> neste período (dado que os aerossóis não se acumulam):

*Resfriamento adicional pelo aerossol de sulfato (no instante  $t$ ) =  $A.t$*

Em contraste, o aquecimento adicional induzido pelo CO<sub>2</sub> em um instante  $t$  é igual àquele devido a todo gás que foi emitido e que não foi imediatamente absorvido pelos oceanos. Se em qualquer instante de tempo  $t$ , a partir do qual ocorreu um aumento linear nas emissões, as emissões de CO<sub>2</sub> – das quais metade não é absorvida – são proporcionais a  $t$ ; então, a concentração adicional total do gás, com o conseqüente aquecimento, é proporcional à integral de todas as emissões: o aquecimento adicional causado pelo dióxido de carbono (no instante  $t = t_0$ ) =

$\int_0^{t_0} B . t . dt$ . Note que o instante  $t = 0$  corresponde ao momento em que as emissões

começaram a aumentar de forma linear ; qualquer aquecimento relativo às emissões anteriores a essas não está incluído neste modelo”.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2.ed., p. 236, Porto Alegre: Bookman, 2002.

SEGUNDO: “Um dos métodos de previsão da população futura é dado pela expressão matemática  $y = A . e^{-bx}$ , em que

$y$  é a densidade da população, em milhares por milha quadrada,

$x$  é a distância do centro da cidade, em milhas,

$b$  é o coeficiente da taxa de declínio da densidade , e

$A$  é o coeficiente da densidade no centro da cidade.

A população total num raio  $r$ , em milhas, do centro da cidade, é

$$p = \int_0^r A . e^{-bx} . 2\pi . x . dx ”.$$

BABBITT, H.E.; DOLAND, J.J.; CLEASBY, J.L. *Abastecimento de Água*. p.4. São Paulo: Edgard Blücher, 1962.

## 10. Primeiras noções de equações diferenciais

**Texto Problemizador 10:** “A quantidade de oxigênio dissolvido na água necessária para a decomposição da matéria orgânica é chamada *Demanda*

*Bioquímica de Oxigênio (DBO). Em outras palavras, a DBO é o oxigênio que vai ser respirado pelos decompositores aeróbios, para a decomposição completa da matéria orgânica lançada na água. A DBO serve como uma forma de medição do potencial poluidor de certas substâncias biodegradáveis, em relação ao consumo de oxigênio dissolvido.*

*Uma das primeiras formulações matemáticas, propostas na área de qualidade da água, foi a da previsão do déficit de oxigênio dissolvido, no caso de poluição da matéria orgânica biodegradável, proposta por Streeter e Phelps (1925). A hipótese básica, nesse modelo, é que o processo de decomposição da matéria orgânica, no meio aquático, segue uma reação de primeira ordem, semelhante àquela dos processos radioativos. Nesse tipo de reação, a taxa de redução da matéria orgânica é proporcional à concentração de matéria orgânica presente em um dado instante de tempo. Assim, pode-se escrever:  $\frac{dL}{dt} = -K \cdot L$ ,*

*em que  $L$  é a demanda bioquímica de oxigênio e  $K$  é uma constante de desoxigenação que depende do tipo de efluente. O sinal negativo indica que haverá uma redução da concentração de DBO com o passar do tempo. A integração dessa Equação Diferencial de primeira ordem resulta na DBO, no instante  $t$ :  $L(t) = L_0 \cdot e^{-K \cdot t}$ , sendo  $L_0$  a DBO, imediatamente após o ponto de lançamento, ou seja, a quantidade total de oxigênio necessária para a completa estabilização da matéria orgânica, em termos de seu componente de carbono”.*

*BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. p.88-90, São Paulo: Prentice Hall, 2003.*

## APÊNDICE D

### Primeira avaliação semestral

1. Da mesma forma que “ppm” significa “partes por milhão”, é possível dizer que “porcentagem” ou “por cento” é .....

2. Nas farmácias e drogarias pode-se adquirir um produto para nebulização, lavagem de lentes de contato, lavagem de ferimentos e hidratação da pele denominado **Solução Fisiológica de Cloreto de Sódio a 0,9%**. Isto é a mesma coisa que quantos ppm? Justifique com cálculos a partir da porcentagem até chegar em ppm.

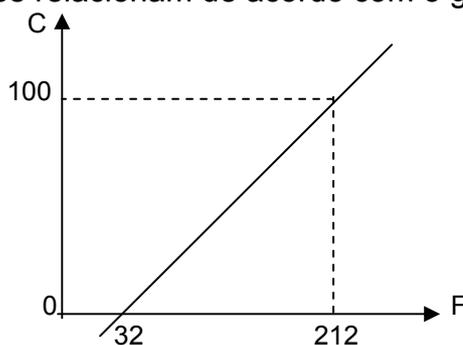
3. Nos custos relativos de implantação de redes coletoras, entre outros itens, destacam-se:

* Escoramento na execução de valas .....	38,8%
* Poços de visita no assentamento de tubulações .....	15,5%
* Escavação na execução de valas .....	10,6%
* Reaterro na execução de valas .....	10,5%

*(NUVOLARI, A. “Esgoto Sanitário”, p. 45, São Paulo: Edgard Blucher, 2003)*

a) Determine o custo médio percentual desses 4 itens (aprox. de 2 casas decimais).  
 b) Se o custo total é de 500 000 unidades monetárias, quanto representa o custo desses 4 itens?

4. Duas escalas de temperaturas, a Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) representada por F e a Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) representada por C, se relacionam de acordo com o gráfico abaixo.



a) Determine a expressão que relaciona as duas temperaturas.  
 b) Calcule a temperatura em que a indicação da escala Fahrenheit é o dobro da indicação da escala Celsius.

5. A função  $f(t) = -t^2 + 12t + 28$ ,  $0 \leq t \leq 10$  representa o número de quilômetros de congestionamento, em função da hora do dia (a partir das 12 horas), registrado em uma cidade. Se  $t = 0$  representa 12 h ;  $t = 1$  representa 13 h ;  $t = 2$  representa 14 horas, e assim por diante, pergunta-se: Em que horário ocorreu o maior número de quilômetros de congestionamento, e qual foi esse valor ?

6. No dimensionamento das tubulações de limpeza e extravasão, as velocidades nos condutos livres podem ser determinadas pela expressão  $V = C \cdot \sqrt{R \cdot I}$ , em que  $V$  = velocidades em m/s;  $R$  = raio hidráulico em m ;  $I$  = declividade em m/m e  $C$  = coeficiente de Chezy.

(DACACH, N. G. "Saneamento Básico", p. 59, Rio de Janeiro: LTC, 1984)

Dê o desenvolvimento logarítmico decimal da expressão  $V = C \cdot \sqrt{R \cdot I}$ .

7. Segundo alguns ecólogos, em uma floresta em degradação, a perda da diversidade de espécies é muito mais rápida do que a da própria floresta, e uma função exponencial pode ser utilizada para estimar o esgotamento das espécies.

(Adaptado de E.O. Wilson, "Biodiversidade", p.78, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005).

Considere que, num dado momento, a população de certa espécie era  $P_0$ , e que, a partir de então, a população diminui anualmente de 10%. Se  $P(t)$  é a população dessa espécie, após  $t$  anos da observação inicial, quantos anos levará para que a população inicial se reduza pela metade? (2 casas decimais de aproximação).

8. Calcule  $\lim_{h \rightarrow +\infty} \frac{4 - (2 - h)^2}{h^2}$ .

**APÊNDICE E**  
**Segunda avaliação semestral**

1ª. QUESTÃO: Que contribuição o TRABALHO DE PESQUISA trouxe para você e para o curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental? Dos trabalhos apresentados pelo seu grupo, qual despertou maior interesse para você?

2ª. QUESTÃO: O peso  $P$ , em quilos, de uma criança é uma função de sua idade  $x$ , em anos, tal que  $P = f(x)$ .

a) Você espera que  $f'(x) = \frac{df}{dx}$  seja positiva ou negativa? Por quê?

Resposta: .....

.....

b) Qual é o significado de  $f(8) = 22$  ? .....

.....

.....

c) Qual é o significado de  $f'(8) = 2$  ?

.....

.....

.....

3ª. QUESTÃO: Calcule  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos 3x}{x^2}$ .

4ª. QUESTÃO: Um estudo ambiental em uma certa comunidade urbana sugere que, daqui a  $t$  anos, o nível médio de monóxido de carbono (CO) no ar poderá ser modelado por  $Q(t) = 4 \cdot e^{0,03 \cdot t}$  (ppm). A que taxa estará variando o nível de CO em relação a  $t$  daqui a 7 anos? (3 casas de aproximação final).

5ª. QUESTÃO: Dada a curva definida por  $x y^2 - x = y^3 - 11$  com  $x = x(t)$  e

$y = y(t)$ , determine a derivada  $\frac{dy}{dt}$  no ponto  $(x_0, y_0) = (2, 3)$ , sabendo-se que

$$\frac{dx}{dt} = 3.$$

6ª. QUESTÃO: Um balão mantém a forma de uma esfera quando é inflado com hélio a uma taxa de  $9 \text{ m}^3/\text{min}$ . Quando o raio do balão for de  $1,6 \text{ m}$ , a que taxa estará variando o seu raio? (dê a resposta em  $\text{cm}/\text{min}$ .) Lembre-se de que o volume de uma esfera é  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ .

7ª. QUESTÃO: Determine o ângulo, em graus, que a reta tangente ao gráfico da curva definida por  $y(x) = \frac{1}{2x^2} - \ln(2x+1)$  forma com o eixo das abscissas no ponto de abscissa  $x_0 = 2$ .

8ª. QUESTÃO: Teste o(s) ponto(s) crítico(s), se houver, da função dada por  $f(x) = 2x^3 + 9x^2 + 1$ .

9ª. QUESTÃO: Uma partícula se desloca ao longo de um eixo de modo que, em qualquer instante  $t \geq 0$  (em segundos), a sua posição é dada por  $s(t) = \arctg t^2$  (em metros). Determine a aceleração  $a(t)$  no instante  $t_0 = 2$  s.

#### Regras de Derivação Básica:

$$(uv)' = u'v + uv'$$

$$(e^u)' = u' e^u$$

$$(u^r)' = r u^{r-1} u'$$

$$(\arctg u)' = \frac{u'}{1+u^2}$$

$$(\cos u)' = -u' \sin u$$

$$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - uv'}{v^2}$$

$$(\ln u)' = \frac{u'}{u}$$

$$(\operatorname{tg} u)' = u' \sec^2 u$$

$$(\operatorname{sen} u)' = u' \cos u$$

$$(\operatorname{arc} \operatorname{sen} u)' = \frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}$$

## APÊNDICE F

### Terceira avaliação semestral (final)

01. Calcule o  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos 2x - 1}{e^{-x} + x - 1}$ .

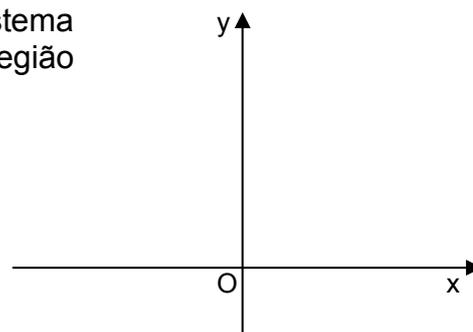
02. Calcule o ângulo  $\theta$  (em graus) que a reta tangente ao gráfico de  $f(x) = \frac{x^2}{2 + \ln x}$  forma com o eixo das abscissas  $Ox$  no ponto de abscissa  $x_0 = 1$ .

03. A área de um quadrado está aumentando a uma taxa de  $12 \text{ cm}^2/\text{min}$ . Determine a taxa de variação do comprimento de cada lado do quadrado, no instante em que o lado é igual a  $3 \text{ cm}$ .

*Lembrar que a expressão que dá a área de um quadrado de lado  $L$  é igual a  $A = L^2$ .*

04. Determine o valor de  $k$  (em radianos),  $0 < k < \frac{\pi}{2}$ , tal que  $\int_0^k \sin \theta \, d\theta = 0,85$ .

05. Faça o gráfico de  $y = x^2$  e de  $y = 2x$  no sistema cartesiano  $xOy$  ao lado, e determine a área da região limitada pelas duas.



06. Uma fábrica está despejando poluentes  $p$  num lago, à taxa de  $\frac{dp}{dt} = \frac{1}{6} \cdot t^{\frac{2}{3}}$  (toneladas/mês), em que  $t$  é o tempo em meses, desde que a fábrica iniciou suas operações. Após 5 anos de operação, qual a quantidade total desse poluente, em toneladas, despejada no lago pela fábrica ?

07. Suponha que um estudo ambiental de uma determinada comunidade sugere que daqui a  $t$  anos a concentração atmosférica  $K$  de  $\text{CO}$  estará variando a uma taxa de  $\frac{dK}{dt} = 0,1 \cdot t + 0,1$  (ppm/ano). Se a concentração atual desse monóxido de carbono é de  $3,4 \text{ ppm}$ , qual será a concentração daqui a 4 anos ?

**APÊNDICE G**  
**Avaliação substitutiva**

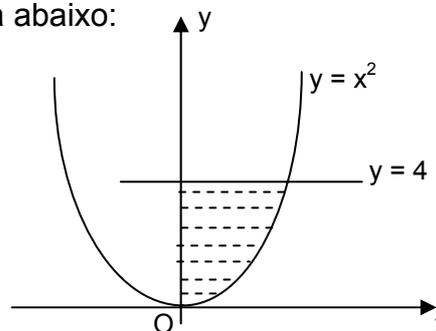
01. Verifique o tipo de indeterminação do limite:  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{-x} + \operatorname{sen} 3x - 1}{x^2 + x}$ , e calcule-o aplicando a regra conveniente.

02. Uma bola de neve esférica está derretendo uniformemente, de modo que sua superfície  $S = 4\pi r^2$  decresce a uma taxa de  $10 \text{ cm}^2/\text{min}$ . Qual será a taxa segundo a qual o raio estará decrescendo, quando o mesmo medir  $20 \text{ cm}$ ?

03. A equação horária de um movimento é dada por  $s(t) = \operatorname{Ln}(2t + 1)$  (em metros). No instante  $t_0 = 4,5 \text{ s}$ , a aceleração desse movimento cresce ou decresce? De quanto?

04. Determine o ponto de máximo ou mínimo relativo  $(x_0; y_0)$  da curva dada por  $y(x) = 2x^3 - 9x^2 + 1$ .

05. Calcule a área da região assinalada na figura abaixo:



06. Se  $\int_1^k \frac{1}{x} dx = 1,59$ ,  $k > 1$ , então quanto vale  $k$ ?

07. A taxa de crescimento da população de uma cidade tem como modelo  $\frac{dP}{dt} = 200 \cdot t^{1,5}$ , em que  $t$  é o tempo em anos. A população da cidade é, no momento, de  $100\,000$  habitantes. Qual será a população daqui a  $10$  anos?

**APÊNDICE H**  
**Questionário de avaliação do curso**

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO**  
**Faculdade de Tecnologia de São Paulo – Disciplina: CÁLCULO – Curso**  
**Superior de Tecnologia em HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL – 1º.**  
**semestre de 2007**

*Neste 1º. semestre de 2007, a disciplina CÁLCULO adotou uma abordagem interdisciplinar para o ensino de Cálculo para cada uma das unidades didáticas do conteúdo programático. As Problematizações contextualizadas de 1 a 10 foram selecionadas pelo professor, na literatura disponível no Departamento de Hidráulica e Saneamento Ambiental. Essa metodologia de ensino e aprendizagem foi testada para avaliar o grau de motivação dos alunos em aprender Cálculo. Nesse sentido, solicito aos alunos e alunas responderem as seguintes perguntas:*

01. Em quanto por cento aumentou a motivação para aprender Cálculo?  
0% ( )    20% ( )    40% ( )    60% ( )    80% ( )    100% ( )
02. Essa abordagem interdisciplinar tornou mais atraente estudar Cálculo?  
sim ( )    não ( )
03. Você sabia que Cálculo era uma atividade de características matemáticas que envolvessem tantas áreas do conhecimento?  
sim ( )    não ( )
04. Em quanto por cento, você acha que passou a participar mais ativamente da aula?  
0% ( )    20% ( )    40% ( )    60% ( )    80% ( )    100% ( )
05. Proporcionou a você uma visão das necessidades do Cálculo para o seu curso?  
sim ( )    não ( )
06. Ajudou a você criar novos hábitos de pensamento e ação?  
nenhum ( )    pouco ( )    muito ( )
07. Em termos percentuais, o quanto permitiu desenvolver uma atitude positiva, construtiva e otimista em relação ao seu potencial de crescimento?  
0% ( )    20% ( )    40% ( )    60% ( )    80% ( )    100% ( )

08. Se aprender é, em grande parte, pesquisar, você passou a pensar mais cientificamente?

sim ( )      não ( )

09. Agora, você faz mais pesquisas sobre assuntos relacionados com Hidráulica e Saneamento Ambiental?

sim ( )      não ( )

10. Aumentou sua confiança na capacidade de aprender, também, outras disciplinas do seu curso?

sim ( )      não ( )

11. O professor foi estimulador, acrescentador de novos interesses e necessidades dos alunos para o curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental?

ruim ( )      adequado ( )      bom ( )      excelente ( )

12. A falta de base do ensino fundamental e ensino médio faz falta em Cálculo?

sim ( )      não ( )

13. Quais as principais dificuldades que você encontrou no semestre para acompanhar Cálculo?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

14. Se fosse para fazer a sua auto-avaliação em Cálculo, em uma escala de 0 a 10, qual seria a sua nota?

Resposta: .....

15. Em uma escala de 0 a 10, qual é a sua nota para o professor?

Resposta: .....

**ANEXO 1****Plano de Ensino-Aprendizagem vigente em 2007**

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

PLANO DE ENSINO-APRENDIZAGEM – 2007 **CÁLCULO** - HSA

Período: noturno

Carga horária semanal: 04 (quatro) e 18 (dezoito) semanas

Dias da semana: 5<sup>a</sup>. feira e 6<sup>a</sup>. feira (Carga horária total: 72 horas-aula)

Departamento: Ensino Geral

Área: Matemática

EMENTA: Limites, Derivadas, Estudo de Funções, Integrais Indefinidas e Definidas.

**OBJETIVOS:**

Geral: Desenvolver nos alunos o raciocínio lógico, o senso crítico e o interesse pela pesquisa bibliográfica.

Específico: Fornecer aos alunos conhecimentos que os capacitem a manipular e aplicar os conceitos e técnicas que serão apresentados no decorrer do desenvolvimento do programa.

Conteúdo Programático:

- Função real de variável real: noções, funções elementares, operações.
- Limites: vizinhanças, ponto de acumulação, limite de uma função, limites laterais, símbolos de indeterminação, propriedades dos limites, limites fundamentais.
- Derivadas: derivada de uma função no ponto, interpretação geométrica, equação da reta tangente, equação da reta normal, função derivada, regras de derivação, derivada da função composta, derivadas de ordem superior.
- Regra de L'Hospital: cálculo de limites indeterminados.
- Aplicações de derivadas: máximos e mínimos, problemas de máximos e mínimos.
- Integral Indefinida, métodos de integração.

- Integral definida: cálculo de áreas, comprimento de arco, volume e área lateral de sólidos de revolução.

Metodologia: Aulas expositivas de teorias e exercícios.

Estratégias: Listas de exercícios com apoio de apostilas e retroprojektor.

Avaliação: Notas de provas normais: P1 e P2.

Nota da prova final: PF.

Nota da prova substitutiva da prova final PF: PR.

Atribuição de conceitos, com base no total de pontos  $M = P1 + P2 + PF$

- Se  $M < 15$ , o aluno está reprovado com conceito C ou poderá fazer a prova substitutiva PR.
- Se  $15 \leq M < 21$ , o aluno é aprovado com conceito B.
- Se  $21 \leq M < 25,5$ , o aluno é aprovado com conceito A.
- Se  $M \geq 25,5$ , o aluno é aprovado com conceito E.

Observações:

1. Em todas as provas, a soma dos valores das questões é de 10,0 (dez) pontos.
2. O conteúdo avaliado em cada uma das provas é cumulativo.
3. Todas as provas serão sem consulta.
4. O aluno não poderá realizar a prova fora do horário estabelecido ou com outra turma.
5. Atribuir-se-á a nota de PF a apenas uma das notas das provas P1 ou P2, nos seguintes casos:
  - a) Ausência nas provas P1 ou P2, quaisquer que sejam os motivos.
  - b) Se a nota de P1 ou P2 for menor que a nota de PF.
6. Para a prova substitutiva PR, aplicam-se os mesmos critérios utilizados em PF, para os alunos não retidos por falta.
7. Avaliação continuada. Tradicionalmente, nesta disciplina, a avaliação continuada é implementada por:
  - a) Oferecimento e discussão de listas de exercícios de apostilas ou outros materiais, que servirão de modelo a questões semelhantes das provas de avaliação continuada.

- b) Eventuais Cursos de Reforços, não-compulsórios, que suprem deficiências de formação ou estendem ou aprofundam tópicos do conteúdo da disciplina, que serão ministrados em horário extraclasse ao longo do curso.
- c) Prova substitutiva para os alunos, não retidos por falta, que será aplicada no início do semestre subsequente.
- d) Atendimento a alunos em geral, com suporte para esclarecimentos de dúvidas pertinentes à disciplina.

Bibliografia:

Básica:

FLEMMING, D.M. ; GONÇALVES, M. B. **Cálculo A**. 5.ed. São Paulo: Makron Books, 1992.

GUIDORIZZI, H. L. **Um curso de Cálculo**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1985.

LEITHOLD, L. **O Cálculo com Geometria Analítica**. São Paulo: Harbra, 1986.

Complementar:

THOMAS, G. B. et.al. **Cálculo**. São Paulo: Makron Books, 2002.

STEWART, J. **Cálculo**. 4.ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.

## **ANEXO 2**

### **Perfil profissional do Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental (fornecido pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento)**

O Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental:

- Poderá atuar na preservação ambiental (água, ar e solo), no campo das obras hidráulicas (tubulações, galerias, etc.), em obras de saneamento e em instalações prediais.
- Estará em condições de planejar, projetar, construir, fiscalizar, operar e dar manutenção em sistemas de: abastecimento de água; coleta, tratamento e disposição de esgoto; drenagem de águas pluviais; coleta e tratamento de lixo.
- Poderá projetar e implantar instalações prediais; canais e proteção contra incêndio e atuar no controle do recebimento e do emprego dos materiais usados nas instalações.
- Poderá prestar serviços junto a laboratórios dedicados ao controle de qualidade das águas de abastecimento, controle dos lançamentos de efluentes domésticos e industriais em corpos d'água; atuar junto a programas de controle do meio ambiente e a equipes de análise e avaliação de impacto ambiental.
- Poderá também se dedicar ao ensino e à pesquisa tecnológica, bem como realizar vistorias, avaliações e laudos técnicos, dentro de seu campo profissional.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)