



MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA USANDO TÉCNICAS DE REGRESSÃO

Luz Delicia Castillo Villalobos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba
luz_delicia@yahoo.com.br

Milagros Noemi Quintana

Universidade do Estado de Santa Catarina
milagros_noemi@yahoo.com.br

Resumo

Os professores de matemática procuram insistentemente criar novos métodos de ensino com o objetivo de incluir todos os alunos no processo de ensino e aprendizagem, mas é importante quantificar a qualidade dos métodos de ensino através de métodos de avaliação que relacionem as diferentes variáveis participantes desse processo, a fim de determinar se o desempenho do método elaborado está sob controle, ou seja, que a porcentagem de alunos que acompanham o processo de ensino e aprendizagem seja significativa. Para solucionar em parte estes inúmeros problemas, foi desenvolvida uma metodologia que consiste em construir relações entre as diferentes variáveis envolvidas no processo de ensino e aprendizagem. Para tanto, foram usados dois modelos de regressão linear, um modelo linear múltiplo com cinco variáveis e um modelo simples, aplicados a dois estudos de caso. A partir destes modelos foram construídos gráficos de controle de regressão, os quais à sua vez permitem identificar que aluno segue a tendência do processo de ensino e aprendizagem e que alunos estão em situação crítica. E como consequência desta análise será possível classificar as turmas para selecionar aquelas onde foram aplicados os melhores métodos de ensino.

Palavras-Chave: ensino, matemática, gráficos, controle, regressão.

Abstract

Math teachers insistently seek to create new teaching methods in order to include all students in the teaching and learning process, but it is important to quantify the quality of teaching methods through evaluation methods to relate the different variables involved in this process, in order to determine whether the performance of the developed method is under control, that is, the percentage of students who follow the teaching and learning process is significant. To partly solve these many problems, a methodology was developed that consists of building relationships between the different variables involved in the teaching and learning process. For this purpose, two regression linear methods were used, a multiple linear model with five variables and a simple model, both applied at two case studies. From this model, were built control regression charts, which in turn allow us to identify that student follows the trend of the teaching and learning process and what students are in critical condition. And as a result of this analysis, will be possible to classify the groups to select those where the best teaching methods were applied.

Keywords: Teaching, mathematics, charts, control, regression.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma metodologia pedagógica que tenha como objetivo repensar o papel do professor e do aluno no processo de ensinar e aprender deve ser constantemente revisado e atualizado. Para que o processo de ensino e aprendizagem, bem como o de avaliação, seja eficaz, deve-se levar em consideração o processo de reflexão sobre as experiências individuais de cada participante juntamente com a abordagem teórica das metodologias pedagógicas, as quais conduzirão ao autodesenvolvimento, à aprendizagem colaborativa e às aulas com maior interação entre professor e aluno (DE CAMPOS; MENDONÇA; GÓES, 2005).

A avaliação educacional, hoje, é um campo de estudos com teorias, processos e métodos específicos e também um campo abrangente que comporta subáreas com características diferentes, por exemplo, avaliação de sistemas educacionais, avaliação de desempenho escolar em nível de sala de aula, avaliação institucional, avaliação de programas, autoavaliação. Comporta também diferentes abordagens teóricas como a sistêmica, a iluminativa ou compreensiva, a avaliação participativa, entre outras (GATTI, 2009).

Pode-se afirmar que os docentes devem estar cientes da existência dos três principais tipos de avaliação e seus objetivos. A avaliação diagnóstica permite conhecer o aluno, seus gostos, seus hábitos e suas preferências; a formativa permite ajustar o processo de ensino-aprendizagem à realidade de aprendizado do aluno; e a somativa permite classificar o nível de aprendizado dos alunos (GARCIA; MICHETTI; MANZONI, 2014).

Sendo assim, atualmente, avalia-se praticamente tudo o que acontece na escola: a instituição educativa e os seus projetos; os planos curriculares e programas de estudo em processo de acreditação; os acadêmicos (na sua qualidade de professores e, por vezes, nas suas funções de investigador), os estudantes, nas suas aprendizagens para o ingresso ou saída do sistema educativo (DIAZ, 2009).

Pensar a avaliação como uma das componentes das estratégias de ensino parte de uma concepção epistemológica construtivista, coerente com uma concepção de sujeito e, por acréscimo, com uma postura pedagógica. Avalia-se para se conhecer, e só conhecendo o que o aluno sabe ou não sabe faz ser possível realizar intervenções pedagógicas apropriadas, que tendam a gerar melhorias nas suas aprendizagens. Por isso, consideramos que o ponto de partida do ensino tem que ser a avaliação e não os conteúdos curriculares (com toda a importância que têm), propondo que se avaliem não apenas os resultados (algo necessário), mas que também se avaliem os processos de aprendizagem. São estes últimos os que

permitem aos professores oferecerem aos seus alunos um apoio pedagógico sistemático e ajustado às suas possibilidades de aprendizagem e que garanta a continuidade dos seus processos de aprendizagem. Por outro lado, dada a tradição escolar, não raramente se confunde avaliar com classificar. Distinguimos claramente a avaliação como um processo estritamente pedagógico, da ação de índole administrativa: a classificação. Uma distinção que consideramos importante para que o docente o outorgue a cada uma destas instâncias o lugar que cada uma tem que ocupar (BAGGINO, 2009).

Quando se fala de ensino da matemática, os processos de avaliação dos métodos de ensino e aprendizagem se tornam uma necessidade já que os professores com o intuito de chegar ao aluno com mais facilidade buscam constantemente mudanças em suas técnicas de ensino. Estas mudanças são consequências da grande dificuldade de aprendizagem que apresentam os alunos com relação à matemática.

As dificuldades de aprendizagem bem como as deficiências no ensino da matemática constituem, já há algum tempo, preocupação para os estudiosos cujas investigações são dedicadas às questões inerentes à aplicação de metodologias no ensino da matemática, assim como ao refinamento da compreensão desta ciência tão discriminada pela exatidão de seus métodos (FLORIANI, 2000).

Nos últimos anos, reformulações curriculares e novas propostas pedagógicas se fazem presentes nos meios escolares, e os responsáveis pelo ensino têm-se mostrado sensíveis a elas. Mas sua aplicação encontra várias dificuldades, além das habituais resistências à mudança (MICOTTI, 1999).

Sabe-se que a matemática desempenha papel decisivo na formação do cidadão, no desenvolvimento de suas habilidades, no raciocínio lógico dedutivo, interferindo fortemente na capacitação intelectual e estrutural do pensamento (BASTOS, 2006).

Portanto, a matemática deve estar ao alcance de todos e a democratização de seu ensino deve ser meta prioritária do trabalho docente (BRASIL, 2001, p. 19).

Os professores, buscando solucionar os inúmeros problemas relacionados com o ensino da matemática e alcançar os objetivos pretendidos e contribuir para as transformações sociais, procuram construir através da pesquisa novos métodos de ensino e aprendizagem da matemática, experimentando a eficiência dos mesmos em relação à sua aplicabilidade ao cotidiano e à real função social. Mas é importante destacar que se carece de formas de avaliação dos critérios que definem os métodos de ensino e aprendizagem, já que há

diferentes desempenhos de aprendizagem observados a partir dos diferentes métodos de ensino aplicados.

Como se pode observar, a preocupação dos educandos em relação à matemática é constante. Procura-se insistentemente inovar os métodos de ensino, com o objetivo de incluir todos os alunos no processo de ensino e aprendizagem. Mas é importante qualificar os métodos de ensino através de métodos de avaliação para poder determinar até que ponto o método colocado em prática dá o retorno esperado. Isto é, os processos de avaliação dos métodos aplicados em sala de aula permitem identificar os pontos críticos (alunos em situação crítica) que precisam ser corrigidos.

A principal razão do desenvolvimento do pensamento e da competência matemática dos alunos depende essencialmente dos conhecimentos, das competências e das habilidades de seus professores (PINO-FANT; GODINO; FONT, 2013).

Portanto, o presente trabalho busca auxiliar de alguma forma os professores da matemática em suas práticas de ensino para melhor responderem às necessidades de aprendizagem de todos os seus alunos, com especial atenção aos que têm deficiências de aprendizagem. Para tanto serão utilizados modelos de regressão capazes de relacionar todas as variáveis que se considerarem importantes no processo de ensino e aprendizagem facilitando assim uma melhor interpretação dos resultados obtidos. O modelo obtido a partir destas variáveis dará suporte à construção dos gráficos de controle obtendo desta forma uma avaliação integrada do modelo de ensino aplicado em sala de aula.

Os gráficos de controle permitem construir limites para detectar alunos que estão fora do processo de ensino e aprendizagem (pontos críticos) para a tomada de decisões pertinentes em relação a esses alunos evitando assim futuras desistências. O número de alunos fora do processo de ensino e aprendizagem determinará se a turma está sob controle. Portanto, a qualidade do método empregado dependerá da quantidade de pontos críticos detectados no processo de ensino e aprendizagem.

DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

O desenvolvimento consiste nas seguintes etapas:

Etapa 1: Selecionar as turmas que precisam ser controladas

As turmas iniciais devem ter prioridade na seleção. Geralmente são os períodos iniciais onde são lecionadas matérias básicas do curso em questão. Estas matérias contribuem

com a segurança, a criatividade e o fortalecimento do aprendizado do aluno facilitando o desenvolvimento das matérias seguintes e, portanto, sua conclusão.

Etapa 2: Definir as variáveis que servirão como indicadores no processo de análise

Estes indicadores podem ser: notas de provas, frequências, exercícios, trabalhos ou qualquer avaliação que o professor considerar; informações sobre a situação socioeconômica do aluno e outras, mas que seja possível de quantificar. Informações sobre indicadores podem ser encontradas em Arruda (1997). Este autor propõe ferramentas de avaliação da qualidade de ensino através de indicadores, levando em conta as ferramentas de Gestão da Qualidade Total na Educação. Estes indicadores facilitam a quantificação das variáveis a serem analisadas.

Etapa 3: Estabelecer relações entre os indicadores

Consiste em construir modelos que definam a relação entre as diferentes variáveis consideradas como indicadores que influenciem no rendimento acadêmico, medido através de notas ou conceitos. As relações a serem construídas serão representadas através de modelos de regressão linear múltipla e simples.

Um modelo de regressão linear múltipla é uma das técnicas estatísticas mais utilizadas para pesquisar e modelar o relacionamento existente entre as diversas variáveis de um processo.

Para que um modelo de regressão múltipla possa ser empregado como base para outros estudos, é necessário que as suposições feitas durante a sua construção sejam válidas. Se algumas destas suposições não se confirmarem, o modelo poderá ser inadequado para fazer as inferências de interesse. As suposições que devem ter sua validade verificada são:

- Os erros têm média zero e a mesma variância desconhecida;
- Os erros são não correlacionados;
- As variáveis independentes são controladas pelo experimentador e são medidas com erro desprezível;
- Os erros têm distribuição normal.

No presente trabalho, o modelo de regressão que representa a relação existente entre as variáveis que participam no processo de ensino e aprendizagem de uma determinada turma selecionada para quantificar seus efeitos sobre o rendimento acadêmico é:

$$Y_{ij} = \beta_{1j} + \beta_{2j}x_{2ij} + \beta_{3j}x_{3ij} + \dots + \beta_{kj}x_{kij} + u_{ij}, \quad (1)$$

onde:

i : indica o i -ésimo aluno e toma valores $i = 1, 2, \dots, n$;

n : indica o número de observações ou número de alunos observados;

j : indica o número da turma, se são consideradas m turmas, então $j = 1, 2, \dots, m$;

x_{ij} : é variável independente do i -ésimo aluno na turma j ;

Y : é a variável dependente que representa o rendimento resultante do processo;

β : são os parâmetros desconhecidos que se precisa estimar;

Este modelo pode ser escrito em forma matricial da seguinte forma:

$$Y = X\beta + \mu \quad (2)$$

Para cada turma haverá:

- Um vetor de observações (Y) do rendimento resultante do processo, de ordem $nx1$;
- Uma matriz das variáveis explicativas (X), avaliações dos alunos consideradas como indicadores, de ordem npx ;
- Um vetor de parâmetros desconhecidos (β), de ordem $px1$;
- Um vetor de erros (μ), de ordem $nx1$;

Portanto, se são consideradas m turmas então tem-se “ m ” modelos, cada uma com as características listadas acima.

Com o objetivo de estimar os parâmetros β , isto é, $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$, será usada a seguinte expressão:

$$Y = X\hat{\beta} + e, \quad (3)$$

onde:

e é um estimador de μ , definido como $e = Y - X\hat{\beta}$ que é um vetor coluna dos n resíduos.

A estimação dos parâmetros pode ser feita usando mínimos quadrados aplicados à soma de quadrados dos resíduos dados a seguir: $\sum_{i=1}^n e^2 = e' e$.

Calculando o valor esperado da soma de quadrados dos resíduos, se tem:

$$E(e' e) = (n - k)\sigma^2 \quad (4)$$

σ^2 é a variância de perturbação, cujo estimador não tendencioso é:

$$S^2 = \frac{e' e}{n - k} = \frac{(Y - X\hat{\beta})'(Y - X\hat{\beta})}{n - k}, \quad (5)$$

onde:

k é o número de parâmetros do modelo;

n é o número de alunos observados.

Com relação ao modelo de regressão simples, os procedimentos se adequam a um modelo de duas variáveis. As suposições da regressão também devem ser cumpridas.

Mais informações sobre modelos de regressão linear múltipla e simples em Aguiar e Werkema (1996) e Johnston (1975).

Em caso de estar frente a um modelo não linear, se recomenda que o modelo seja linearizado para poder aplicar o método apresentado. Informações sobre transformações lineares podem ser encontradas em Kamenta (1990), Montgomery e Peck (1992) e Ishikawa (2007).

Etapa 4: Construções dos gráficos de controle da regressão múltipla

Sendo S que é a raiz quadrada da variância de perturbação calculado segundo a equação (5), podem-se construir os limites de controle dos gráficos de controle da regressão múltipla que se baseia no comportamento dos resíduos já definido como:

$$e = Y - X\hat{\beta} \quad (6)$$

A expressão que mede o comportamento dos resíduos é a diferença entre o valor esperado e o valor real constatado ao final do processo. Portanto, um aluno será considerado fora de controle quando a diferença entre o rendimento esperado e o rendimento real

ultrapassa os limites do gráfico de controle dos resíduos. Os limites de controle para a j -ésima turma é apresentado a seguir:

$$\text{Limite superior de controle: } Lsc_j = E(e_j) + tS_j = E[Y - \hat{Y}] + tS_j;$$

$$\text{Média de controle: } Lmc_j = E(e_j) = E[Y - \hat{Y}]; \quad (7)$$

$$\text{Limite inferior de controle: } Lic_j = E(e_j) - tS_j = E[Y - \hat{Y}] - tS_j,$$

onde:

Y é o valor observado;

\hat{Y} é o valor esperado;

$E(e_j) = E[Y - \hat{Y}]$ é o erro esperado;

S_j é o desvio padrão da variância de perturbação;

t é um valor da distribuição t de Student com $n-1$ graus de liberdade.

O valor de t limita a probabilidade de aceitação dos limites de controle e se comporta como um multiplicador do desvio padrão da variância de perturbação. t pode tomar valores de 1, 2 ou 3. Os limites de controle com três desvios de afastamento da linha média foram propostos por Shewhart, que se baseia no seguinte lema: “Se o processo estiver em controle, evite ajustes desnecessários que só tendem a aumentar sua variabilidade” (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2004). Entretanto, nos processos de controle de ensino e aprendizagem, se tem a dificuldade de afirmar que estes estão sob controle, e para tanto, Souza et al. (2005) sugerem que, para uso de gráficos de controle, podem ser usados valores de 1 e 2 para t , já que a média do processo varia em múltiplos do desvio padrão. Estes valores vão depender das exigências do sistema de ensino onde o método está sendo aplicado. Como exemplo, se no valor de t toma-se um valor de 3, menor será a possibilidade de existirem alunos fora de controle. Contudo, se o controle precisar ser rigoroso, os valores de t podem ser substituídos por 1 ou 2, levando à ocorrência de mais alunos fora de controle. Estes alunos precisam de orientações, portanto de mais recursos pedagógicos, que são responsabilidade da escola.

O valor esperado $E[Y - \hat{Y}] = E(e) = 0$ é uma das suposições da regressão que deve ser cumprida, portanto os limites de controle para a turma j na equação (7) ficam:

Limite superior de controle: $Lsc_j = +tS_j$

Média de controle: $Lmc_j = 0$ (8)

Limite inferior de controle: $Lic_j = -tS_j$

Os gráficos de controle aplicados a processos de ensino e aprendizagem devem ter algumas considerações:

- Erros de previsão que estão abaixo do limite inferior de controle (Lic) são pontos críticos ou pontos fora de controle que representam alunos que estão fora do processo de ensino e aprendizagem da turma analisada. Estes alunos precisam de acompanhamento para detectar as causas que os colocaram fora de controle e se são possíveis de serem corrigidas.

- Erros de previsão acima do limite superior de controle (Lsc) são pontos também fora de controle, mas não considerados pontos críticos já que representam alunos que superam as expectativas previstas. Estes são alunos com um nível acadêmico superior ao resto da turma, por exemplo, alunos transferidos de outras universidades que trazem com eles suas experiências.

- Os erros de previsão localizados entre o limite superior de controle e inferior de controle são pontos que estão sob controle. Representam os alunos que seguem a tendência do processo de ensino e aprendizagem. Estes alunos absorvem o método aplicado pelo professor em sala de aula.

- A quantidade de alunos com erros de previsão abaixo do limite inferior de controle determinará a qualidade do método empregado pelo professor sempre e quando as causas que colocaram o aluno nesta situação foram constatadas na sala de aula. Por exemplo, alunos com alto número de faltas não podem ser considerados como indicadores da qualidade do método.

- Portanto, esta quantidade de alunos abaixo do limite inferior de controle determinará também se a turma onde foi aplicado o método está sob controle. São as instituições de ensino que estabelecerão a porcentagem máxima permitida de alunos abaixo do rendimento esperado (reprovados) para a turma ser considerada sob controle.

APLICAÇÃO

A metodologia desenvolvida na presente pesquisa foi aplicada usando dois casos: no primeiro caso considerou-se um modelo linear com quatro variáveis independentes não correlacionadas entre elas e uma variável dependente. Este modelo foi aplicado a uma turma de graduação da disciplina de Geometria Analítica da Universidade Estadual de Santa

Catarina, Campus Joinville. No segundo caso considerou-se um modelo linear com duas variáveis, sendo uma variável independente e outra dependente. Esta aplicação foi desenvolvida com informações obtidas do banco de dados da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (FERRAZA; VILLALOBOS, 2009).

Em ambos os casos, a identificação das turmas e dos alunos é feita através de números por serem dados confidenciais.

Primeiro caso: o modelo utilizado neste caso é mostrado a seguir:

$$Y_{ij} = \beta_{1j} + \beta_{2j}x_{2ij} + \beta_{3j}x_{3ij} + \beta_{4i}x_{4ij} + \beta_{5i}x_{5ij} + u_{ij}, \quad (9)$$

onde as variáveis x_2 , x_3 , x_4 e x_5 são variáveis independentes que representam quatro médias das avaliações que englobam duas provas, listas de exercícios e participação em trabalhos aplicados aos alunos. A variável dependente Y_{ij} é uma avaliação final, considerada como resultante das quatro avaliações anteriores do i -ésimo aluno na turma j .

O modelo (9) foi aplicado à turma que será denominada como turma 1 onde há 34 alunos matriculados. Utilizando o método de mínimos quadrados para estimar o vetor de parâmetros β , se tem como resultado o modelo (10) que representa o modelo de estimação da turma 1.

$$\hat{Y}_{i1} = 2,2846 + 0,151x_{2i1} + 0,1839x_{3i1} + 0,2104x_{4i1} + 0,2577x_{5i1}, \quad (10)$$

onde: $j = 1$, $i = 1 \dots 34$ e $k = 5$.

Para verificar se o modelo (10) é consistente e não viola o cumprimento das suposições da regressão linear, foram feitas as respectivas análises como o cálculo do coeficiente de determinação $R = 0,98184$, $R^2 = 0,96401$ e R^2 ajustado = 0,95904, e estes valores indicam um bom relacionamento entre as variáveis analisadas. No teste estatístico F , tem-se um F calculado = 194,20, que comparado ao F tabelado que é igual a $F(4, 29) = 2,70$, é significativamente maior ao 5% de significância, o que indica existir um relacionamento linear entre as variáveis analisadas. O teste de significância individual usando a estatística t (29) com 5% de significância é de 1,699 mostrando que todas as variáveis estão relacionadas com o rendimento acadêmico dos alunos. Do mesmo modo ocorre com os valores de p , mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado dos testes t e p do modelo (10)

	β	t calculado	Valor de $p < 0,05$
Intercepto	2,284621	12,62628	0
X_2	0,150622	3,52625	0,001423
X_3	0,183929	5,77382	0,000003
X_4	0,210365	6,23892	0,000001
X_5	0,257732	8,38941	0

Tendo certeza que o modelo se ajusta adequadamente aos dados, pode-se calcular o valor do estimador não tendencioso da variância de perturbação da turma 1 que é:

$$S_1^2 = \frac{e'e}{n-k} = \frac{(Y - X\hat{\beta})'(Y - X\hat{\beta})}{n-k} = 0,179294 \text{ .,} \quad (11)$$

onde $n=34$ e $k= 5$. Portanto, o erro padrão de estimação é a raiz quadrada da variância de perturbação que é: $S_1 = 0,4234$. Tendo o valor de S_1 , pode-se construir os gráficos de controle da turma 1.

Pelas características que a turma 1 apresenta, os gráficos de controle foram desenvolvidos usando dois valores para t : $t=1$ e $t=2$. Para $t= 3$, a turma estaria 100% sobre controle. Os valores considerados permitiram mostrar a diferença na quantidade de alunos fora de controle quando se aumenta o valor de t . Isto é, a probabilidade de aceitação do método aplicado em sala de aula na turma 1 é maior quando $t=2$. Estas probabilidades são aproximadamente para $t=1$ de 0,9 e para $t= 2$ é de 0,975 com 33 graus de liberdade. Por ser uma grande amostra ($n > 30$), pode ser aproximada a uma distribuição normal, então as probabilidades respectivas serão de 0,84 e 0,977.

Os limites para a construção dos gráficos de controle são mostrados a seguir:

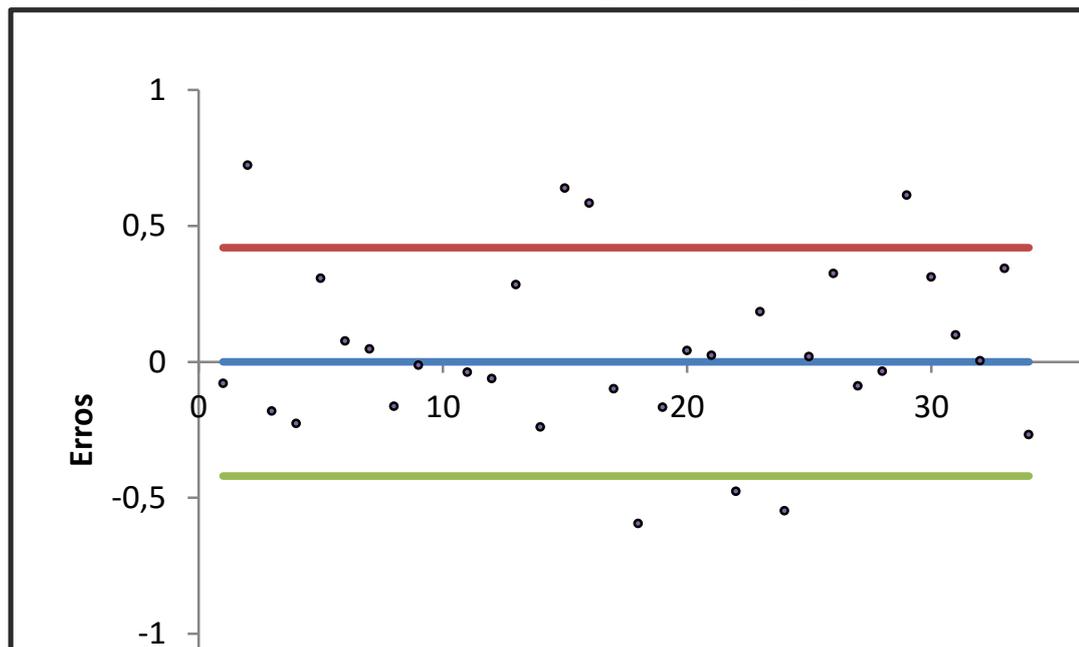
Limites do gráfico de controle para $t=1$:

$$Lsc_1 = +1(0,4234) = 0,4234$$

$$Lmc_1 = 0 \quad (12)$$

$$Lic_1 = -1(0,4234) = - 0,4234$$

O gráfico destes limites é apresentado na figura 1.

Figura 1: Gráfico de controle do primeiro caso, para $t=1$ 

No gráfico da figura 1 se observam oito pontos fora de controle, onde quatro deles estão abaixo do limite inferior de controle. Estes são pontos críticos, segundo as condições da metodologia, que correspondem aos alunos 10, 18, 22 e 24. A situação destes alunos abaixo da linha inferior de controle é crítica. Eles obtiveram notas resultantes abaixo do esperado. Os quatro pontos acima do limite superior de controle representam os alunos que tiveram resultados positivos cujas notas estão acima do esperado. Os pontos, que estão localizados dentro dos limites de controle são alunos que estão sob controle, seguem a tendência do processo de ensino e aprendizagem.

- Limites do gráfico de controle para $t=2$:

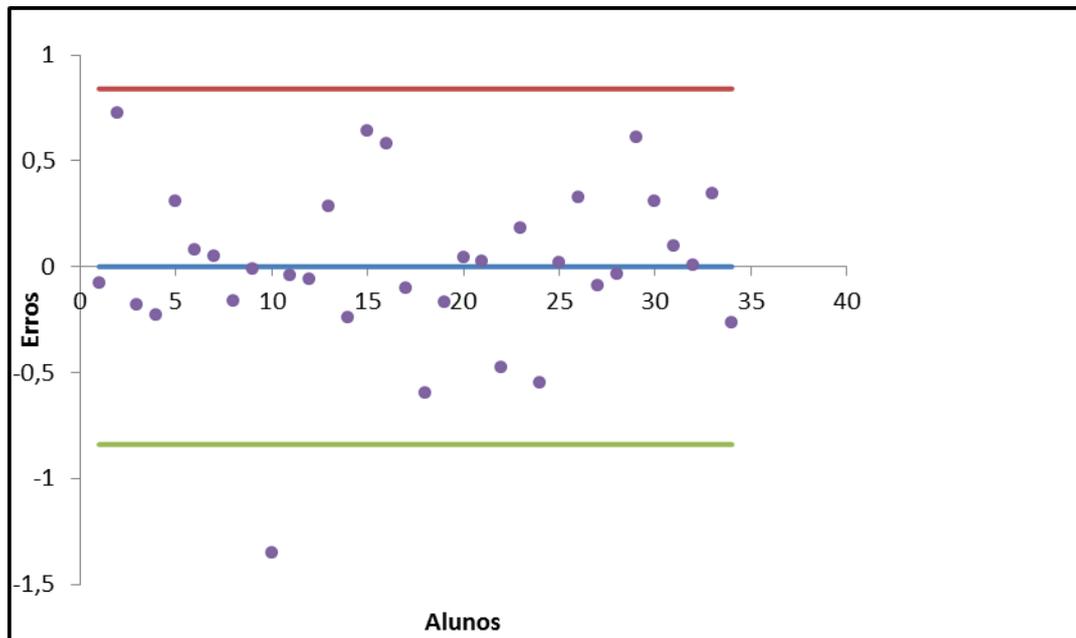
$$Lsc_1 = +2 (0,4234) = 0,8468$$

$$Lmc_1 = 0 \tag{13}$$

$$Lic_1 = -2 (0,4234) = -0,8468$$

O gráfico de controle destes limites é apresentado na figura 2.

Figura 2: Gráfico de controle do primeiro caso, para $t=2$

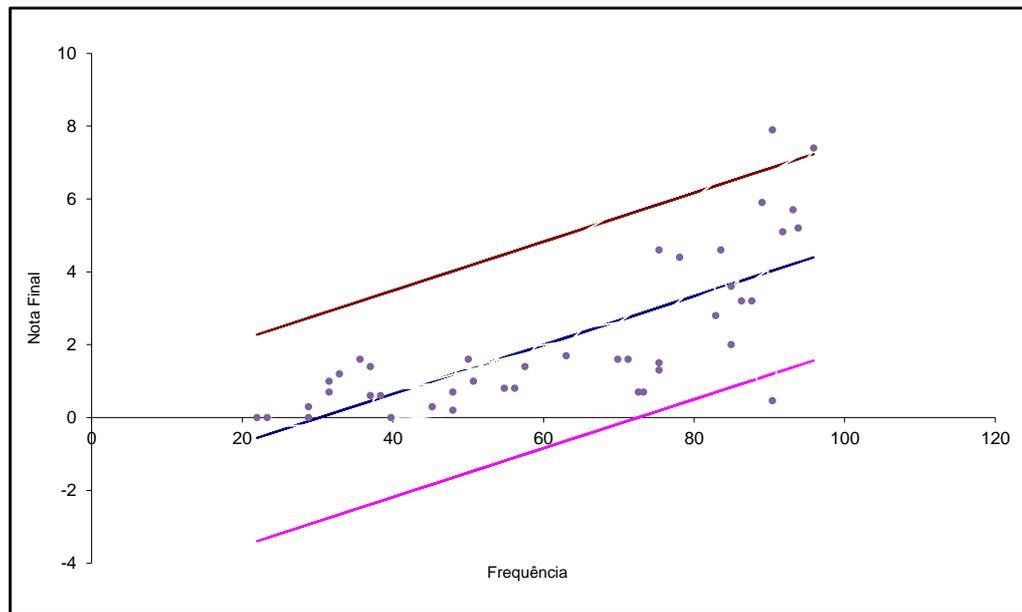


Na figura 2 se observa um só ponto abaixo do limite inferior de controle, portanto se tem apenas um aluno fora de controle.

Segundo caso: No segundo caso, o método foi aplicado na UTFPR-PB em 10 turmas de Cálculo I. Foi construído um modelo para cada turma composto de duas variáveis, onde a variável independente representa a frequência do aluno à sala de aula e a variável dependente representa a nota resultante do rendimento acadêmico. Esta relação foi construída a partir do princípio que alunos que frequentam a sala de aula experimentam o ensino do método aplicado pelo professor. Cada modelo foi submetido à análise para verificar se as suposições da regressão não foram violadas.

Em seguida foram aplicados os gráficos de controle nos modelos de cada turma. Como resultados obtidos, por exemplo, na turma denominada para nosso estudo como turma 2, foi observada a existência de três pontos fora de controle que correspondem aos alunos número 17, 23 e 29 (ver figura 3). Estes alunos não seguem a tendência do processo de ensino e aprendizagem do restante da turma, mas só um aluno está abaixo do limite inferior de controle, portanto um só ponto crítico. Mas esta turma 2 não foi considerada turma fora de controle por ter uma porcentagem de alunos em situação crítica abaixo de 12% do total da turma, porcentagem definida como critério limite para considerar se uma turma está ou não sob controle.

Figura 3: Gráfico de controle para o segundo caso



Neste segundo caso só foi apresentada a análise de uma turma devido à extensão da pesquisa, mas todas as turmas seguiram os mesmos passos da metodologia. Das dez turmas analisadas, sete delas estão sob controle e três fora de controle.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram analisados dois casos: no primeiro caso foi apresentada uma aplicação de um modelo onde são analisadas quatro variáveis independentes que representam as avaliações aplicadas durante o processo de ensino e uma variável dependente que representa o rendimento final do processo. Esta aplicação foi desenvolvida na UDESC.

O segundo caso, desenvolvido na UTFPR-PB, foi possível contar somente com dois tipos de variáveis: uma representa a frequência dos alunos à sala de aula e a variável resultante que representa o rendimento medido ao final do processo.

No primeiro caso foi analisada uma turma com 34 alunos. Os gráficos de controle neste caso apresentaram os seguintes resultados:

No primeiro gráfico para $t=1$ se observam quatro alunos fora de controle, localizados abaixo do limite inferior de controle, e quatro alunos acima do limite superior de controle. Os alunos que estão abaixo do limite inferior de controle são casos críticos que devem ser analisados com atenção. São alunos que apresentam deficiências de aprendizagem. Os alunos

que estão acima do limite superior de controle são alunos que estão em situação ideal, têm uma preparação acima do esperado.

Os alunos que estão entre os limites de controle são alunos que seguem a tendência do processo de ensino e aprendizagem, ou seja, existe uma relação cuja tendência é positiva entre professor e aluno. Em outras palavras o aluno acompanha em forma efetiva os ensinamentos do professor.

No segundo gráfico para $t=2$ foi observado um só ponto fora de controle. Isto é um só aluno em situação crítica.

A diferença entre o gráfico para $t=1$ e o gráfico para $t=2$ é a quantidade de alunos fora de controle que é muito menos para $t=2$. Isto se deve à probabilidade de aceitação do método aplicado em sala de aula, que é maior no gráfico para $t=2$.

No segundo caso foram analisadas 10 turmas e só foi possível apresentar o desenvolvimento de uma turma pela extensão da pesquisa, mas todas as turmas seguiram o mesmo procedimento de análise. Neste caso, o modelo da turma 2 analisada apresenta três pontos fora de controle, dois deles estão acima do limite superior de controle, que são os alunos 17 e 29. Isto significa que os alunos têm uma alta frequência às aulas e uma alta nota final em relação ao resto da turma, o que seria a situação ideal. O terceiro ponto crítico observado no modelo da turma 2, que está abaixo do limite inferior de controle, corresponde ao aluno 23. Neste caso a situação é preocupante, pois ele tem uma alta frequência, mas uma nota baixa.

Em ambos os casos apresentados nesta pesquisa os alunos que estão abaixo do limite inferior de controle devem ser identificados e observados para serem submetidos a tratamentos adequados como aulas de recuperação, acompanhamento psicopedagógico e outros recursos que seriam necessários para colocá-los sob controle.

Aluno fora de controle não significa somente aluno reprovado, senão também um aluno que não segue a tendência do processo de ensino e aprendizagem, ou seja, uma falta de relação entre professor e aluno.

Em relação às turmas analisadas neste trabalho pode-se dizer que estão sob controle, já que a porcentagem de alunos fora de controle não passa dos 12%. Esta porcentagem foi considerada como limite para os dois casos estudados.

Concluindo, a metodologia desenvolvida na presente pesquisa alcança seus objetivos; foram obtidos modelos consistentes que permitiram visualizar claramente os alunos que precisam de ajuda e assim evitar as frequentes desistências. Também foi possível identificar

as turmas que estão fora de controle. Nestes casos, o professor, com certeza dos resultados, tem condições de fazer ajustes e corrigir sua metodologia de ensino.

Também foi possível detectar as turmas sob controle onde o método aplicado pelo professor foi absorvido pelos alunos que frequentaram a sala de aula. Estas turmas também devem ser analisadas para observar a efetividade dos métodos aplicados a elas e para que possam servir de modelos para outras turmas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S.; WERKEMA, M. M. **Análise de Regressão**: relacionamento entre as variáveis de um processo. Ferramentas de qualidade. Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ARRUDA, J. C. **Políticas & Indicadores da Qualidade na Educação Superior**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1997.

BAGGINO, N. A avaliação como estratégia de ensino. Avaliar processos e resultados. **Revista de Ciências da Educação**, Portugal, v. 9, p. 79-86, 2009. Disponível em: <<http://sisifo.fpce.ul.pt>>. Acesso em: 29 jan. 2014.

BASTOS, J. A. Discalculia: transtorno específico da habilidade em matemática. In: ROTTA, N. T. **Transtornos de aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): matemática**. 3. ed. Brasília: A Secretaria, 2001.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2004.

DE CAMPOS, M. M.; MENDONÇA, A. L.; GÓES, P. **Metodologia de Ensino e Avaliação de Aprendizagem**. 12º Congresso Internacional de Educação a Distância, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/206tcc5.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

DIAZ, B. A. A avaliação na educação mexicana. Excesso de programas e ausência da dimensão pedagógica. **Revista de Ciências da Educação**, Portugal, v. 9, p. 19-30, 2009. Disponível em: <<http://sisifo.fpce.ul.pt>>. Acesso em: 2 nov. 2013.

FERRAZA, T. L.; VILLALOBOS, C. L. Controle do processo de ensino da matemática usando gráficos de controle na análise da aprendizagem. In: VI Encontro Nacional de Difusão Tecnológica, Medianeira. **Anais...**, Paraná, 2009.

- FLORIANI, J. V. **Professor e pesquisador**: exemplificação apoiada na Matemática. 2. ed. Blumenau: Furb, 2000. (Programa Publicações de Apoio à Formação Inicial e Continuada de Professores).
- GARCIA, D. S.; MICHETTI, P. S.; MANZONI, D. A. Métodos avaliativos no processo de ensino e aprendizagem: uma revisão. **Cadernos de Educação**. Universidade Federal de Pelotas, 47, p. 73-84, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/viewFile/4651/3497>>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- GATTI, B. A. Avaliação de sistemas educacionais no Brasil. **Revista de Ciências da Educação**, Portugal, v. 9, p. 7-18, 2009. Disponível em: <<http://sisifo.fpce.ul.pt>>. Acesso em: 6 fev. 2014.
- ISHIKAWA, N. I. **Uso de transformações em modelos de regressão logística**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- JOHNSTON, J. **Métodos de Econometria**. Barcelona: Editora Vicens-Vives, 1975.
- KAMENTA, J. **Elementos de Econometria**. Vol. 2. São Paulo: Atlas, 1990.
- MICOTTI, M. O ensino e as propostas pedagógicas. In: BICUDO, M. **Pesquisa em Educação Matemática**: concepções e perspectivas. São Paulo: Ed. UNESP, 1999.
- MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to Linear Regression Analysis**, 2. ed. New York: John Wiley e Sons, Inc., 1992.
- PINO-FAN, L. P.; GODINO, J. D.; FONT, V. Diseño y aplicación de un instrumento para explorar la faceta epistémica del conocimiento didáctico-matemático de futuros profesores sobre la derivada. **Revista REVEMAT**, São Carlos, v. 08, n. 2, p. 1-49, 2013.
- SOUZA, A. M.; JACOBI, L. F.; PEREIRA, J. E. **Gráficos de Controle de Regressão Usando a Estatística**. Florianópolis: VisualBooks, 2005.