

EXPLORANDO A PARÁBOLA DA FUNÇÃO POLINOMIAL DO 2º GRAU EM UM AMBIENTE INFORMÁTICO

Neomar Lacerda da Silva¹

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

nlsmat@hotmail.com

Prof. Dr. Renato Pereira de Figueiredo²

Universidade Estadual do Sudoeste de Bahia – UESB

renatofigueiredo2005@yahoo.com.br

Prof.^a Dr.^a Maria Elizabete Souza Couto³

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

melizabetesc@gmail.com

Wagner Ribeiro Aguiar⁴

Universidade Federal da Bahia – UFBA

waguiarmat@yahoo.com.br

Resumo

O trabalho objetivou avaliar a potencialidade do *software* matemático *Winplot* como ferramenta facilitadora da aprendizagem de funções polinomiais do 2º grau, dadas as dificuldades apresentadas pelos alunos na representação gráfica destas funções e na possibilidade do uso do computador para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Foi utilizada a Metodologia da Engenharia Didática na construção e análise de uma sequência didática (SD) destinada ao ensino de funções e instrumentalizada no *Winplot*. Os sujeitos da pesquisa foram os alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola do município de Belo Campo – BA. A SD apresentada foi uma adaptação de estudos já realizados, Maia (2007), sobre a articulação entre registro gráfico e algébrico para funções do 2º grau. A análise dos resultados revelou certo favorecimento na aprendizagem dos alunos na construção, leitura e interpretação gráfica de funções do 2º grau se comparado com o ambiente lápis e papel.

Palavras chave: Função Quadrática; Sequência Didática; *Software Winplot*.

1. Introdução

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática – PPGEM – UESC; Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

² Orientador - Mídias na Educação. Professor da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática – PPGEM – UESC.

⁴ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – PPGEFHC – UFBA.

As inovações tecnológicas sempre foram acompanhadas de mudanças na estrutura das sociedades, nos costumes e nas culturas, alterando as relações estabelecidas entre o humano e seu meio. Novas formas de pensar, agir e comunicar são introduzidas como hábitos corriqueiros. Nunca tivemos tantas alterações no cotidiano, mediadas por múltiplas e sofisticadas tecnologias.

Esse desenvolvimento rápido das tecnologias da comunicação e da informação tem colocado à disposição dos processos educativos novas possibilidades e demandas, exigindo uma prática pedagógica que privilegie o processo de construção do conhecimento do aluno e, ao mesmo tempo, integre a informática nesse contexto. Segundo Maria Elizabeth de Almeida “o ensino organizado de forma fragmentada, que privilegia a memorização de definições e fatos bem como as soluções padronizadas, não atende às exigências deste novo paradigma” (ALMEIDA, 2003, p. 332).

Este trabalho tem por objetivo avaliar a potencialidade do uso do *software* matemático *Winplot* como ferramenta facilitadora da aprendizagem de funções polinomiais do 2º grau ou quadráticas, pelos alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Belo Campo – BA, investigando, a partir de uma Sequência Didática⁵ (SD), se tal *software* pode favorecer os alunos no processo de construção e na interpretação de gráficos das funções polinomiais do 2º grau.

Deste modo, compreendendo a importância da aprendizagem do conceito de função pelos alunos e buscando atender ao propósito de inserção das mídias no processo educativo, em especial no ensino da Matemática, esse estudo busca responder a seguinte questão de pesquisa: O uso de um *software* voltado para a construção gráfica (*Winplot*) pode potencializar a aprendizagem dos alunos do 1º ano do Ensino Médio na construção e interpretação de gráficos de funções do 2º grau?

2. As tecnologias na aprendizagem de conteúdos matemáticos

Entendendo a tecnologia como um recurso que pode subsidiar o processo de aprendizagem, é importante inseri-la na formação escolar dos alunos, compreendendo, segundo Almeida (2003) que:

⁵ Sequência didática são procedimentos de ensino usados pelos professores, em sala de aula, para desenvolver determinado conteúdo escolar.

[...] cabe a cada educador exercer sua autonomia, capacidade crítica e imaginação criativa para apropriar-se dos recursos computacionais mais adequados ao seu estilo profissional; atuar como promotor do processo de aprendizagem [...] (ALMEIDA, 2003, p. 328).

Isso ganhará sentido se as tecnologias disponíveis, especialmente o computador, forem inseridas na totalidade do ato educativo, como modo de transformar as aulas em atividades colaborativas – onde todos se organizam como aprendizes e a Educação se transforma em um processo permanente e dinâmico de trabalho interdisciplinar.

O estado da arte das pesquisas em Educação Matemática, já, há algumas décadas, vem consolidando e reconhecendo a importância do uso de recursos tecnológicos, especialmente os computadores, por entender que são aliados para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, bem como, uma ferramenta fundamental para professores de Matemática (PENTEADO, 1999, 2005; MACHADO, 2002; MATOS FILHO, 2010).

No ensino de Matemática, o computador pode ser um importante recurso para o professor e um elemento de motivação para os alunos. Alguns pesquisadores, como Bittar (2006), Freire, Castro Filho e Fernandes (2008) têm evidenciado as importantes contribuições que o uso do computador tem dado às aulas de Matemática. Essa disciplina tem sido bastante agraciada com o grande número de *softwares* educativos, gratuitos e não gratuitos destinados ao ensino de seus conceitos. Dentre estes *softwares* destaca-se: *Cabri-Géomètre*, *Graphequation*, *Winplot*, *Modelus*, Régua e Compasso, *WinMat*, dentre outros.

2.1. O estudo de função

Estudos realizados apontaram uma grande dificuldade dos alunos no conceito de função e sua representação gráfica (PENTEADO, 1999, 2005; MACHADO, 2002; MATOS FILHO, 2010). Tal dificuldade, para Maia (2007), encontra-se, principalmente, na transição da escrita algébrica ao esboço gráfico em ambiente lápis e papel e nas relações entre os coeficientes e os pontos notáveis da parábola da equação quadrática.

Quanto à relevância do conceito de função, Zuffi (2004) destaca que a ideia desse conceito ultrapassa os domínios da Matemática, oferecendo o seu constructo teórico e prático às áreas do conhecimento de Física, Química, Biologia, Economia, Medicina, Engenharia etc., particularmente em virtude da explosão tecnológica iniciada na segunda metade do século XX, que propiciou uma nova dinâmica para as diversas áreas do conhecimento, inclusive para a Matemática. Ocorre que tal conceito tem sido apontado por

algumas pesquisas como de difícil assimilação. Zuffi (2004) e Nogueira Júnior e Laudares (2008), destacam as dificuldades dos alunos ao se depararem com as ideias de variável, domínio, contradomínio e imagem, leitura e construção de gráficos e conversão do registro de representação gráfica para o registro de representação algébrica.

Além disso, segundo Maia (2007), o estudo de função em sala de aula, geralmente não consegue explorar as várias representações do objeto função, em especial a representação gráfica, bem como não explora suas aplicações de uma maneira mais visível, visto à dificuldade em se manipular gráficos no quadro negro. Assim, essa proposta de ensino vem a favorecer o trabalho do professor no ensino deste conteúdo, possibilitando ao aluno outras formas de compreensão e interpretação.

3. Metodologia

A experiência surgiu, basicamente, de duas necessidades: desenvolver a capacidade interpretativa dos alunos quanto ao estudo dos gráficos das diversas funções quadráticas e inserção de um determinado *software* de cálculo na construção e/ou representação gráfica dessas funções. Para tanto, utilizamos o *software* matemático *Winplot*, cuja finalidade é a plotagem de gráficos das diversas funções existentes. Neste estudo, eminentemente prático, trabalhamos com a função quadrática, especificamente no estudo do seu gráfico.

A unidade escolar, local de realização do estudo, possui um laboratório de informática com 18 (dezoito) computadores em funcionamento e um funcionário específico para acompanhamento durante as aulas. Em todos os computadores foi instalado o *software* matemático *Winplot*, que permite a representação de diversos tipos de funções 2D (bidimensionais) e/ou 3D (tridimensionais). Segundo Souza (2004), a utilização do *Winplot* é motivada pelo fato de estar em língua portuguesa, ser gratuito, livre, de simples utilização, muito pequeno e portátil se comparado a outros programas de mesma função.

Para avaliar a potencialidade do uso de um *software* matemático como ferramenta facilitadora da aprendizagem de funções polinomiais do 2º grau, o pesquisador esteve consciente de que o saber matemático precisa ser reconstruído pelo aluno em função das relações que se estabelecem num sistema didático, mediatizadas pelo saber, conduzidas pelo professor e discutidas com os alunos. Deste modo, no desenvolvimento do estudo utilizamos os princípios da Engenharia Didática de Michèle Artigue (1996) que, segundo a autora, se caracteriza por um esquema experimental baseado nas realizações didáticas em

sala de aula, o que possibilita a concepção, realização, observação e análise de sequência de ensino, organizadas em quatro fases definidas por: análises preliminares, análises a priori, experimentação e análise a posteriori. Na Engenharia Didática o professor tem a oportunidade de refletir e avaliar a sua ação educativa e, diante desse processo de reflexão, redirecionar e ressignificar o trabalho que desenvolve.

Partindo desses pressupostos, elencamos os caminhos metodológicos necessários à operacionalização da pesquisa, apontados por Pais (2002):

(1º) Análise preliminar com um levantamento sobre tudo o que envolve o objeto matemático em estudo. Aqui são feitas considerações a respeito do quadro teórico didático geral e sobre os conhecimentos didáticos já adquiridos, pelos alunos, sobre o assunto em questão; uma análise epistemológica dos conteúdos contemplados pelo ensino e da concepção dos alunos, das dificuldades que apresentam e também observação dos entraves didáticos pedagógicos que dificultam o processo de ensino e aprendizagem.

(2º) Análise a priori sobre o saber em estudo, com a descrição do objeto e a previsão de melhorias para o processo de ensino e aprendizagem, apontando problemáticas referentes ao objeto de estudo e construindo hipóteses que serão verificadas na prática investigativa da proposta didática a ser elaborada, para depois serem comparadas aos resultados finais da SD verificando a validação ou não da mesma.

(3º) Aplicação da SD onde entra em prática o saber didático do professor e todo o seu arcabouço teórico. A SD proposta será desenvolvida através de uma abordagem metodológica que privilegie a criticidade e a reflexão numa perspectiva de construção de um saber consciente e indagador.

(4º) Análise a posteriori e validação. Com os dados colhidos durante a experimentação, constante das observações realizadas durante cada sessão de ensino, bem como das produções dos alunos feitas em classe, é verificado se o aprendizado foi consolidado e se a autonomia intelectual foi alcançada determinando a validação, ou não, da SD empregada.

Os sujeitos da pesquisa foram os 35 (trinta e cinco) alunos de uma turma da 1ª série do Ensino Médio de uma escola da Rede Estadual de Educação do município de Belo Campo – BA. O conteúdo de função foi escolhido devido a sua aplicabilidade no dia-a-dia, podendo ser utilizado, inclusive, de forma interdisciplinar, com disciplinas como Física, Biologia e Geografia, além disso, a noção de função permeia vários outros conteúdos matemáticos. Tal conteúdo costuma ser ministrado com maior ênfase na 1ª série do ensino médio, conforme apresentado nos currículos escolares. Para os encontros, dividimos a

turma em dois grupos, já que o laboratório de informática não dispõe de quantidade suficiente de computadores para atender, individualmente, a todos os alunos. O laboratório possui 25 (vinte e cinco) computadores, mas foram utilizados somente 18 (dezoito) na atividade, pois 03 (três) deles não estão funcionando e os demais não dispõem do sistema operacional *Windows*, compatível com o *software Winplot* utilizado na pesquisa. Os alunos, em sua maioria, 29 (vinte e nove), não conheciam o *software Winplot*, assim, disponibilizamos 03 (três) horas/aula para trabalhar com a interface do *software*, de modo que todos se familiarizassem com os comandos do programa, ainda que não estivéssemos trabalhando os conteúdos a serem abordados na SD.

Efetivamente, 27 (vinte e sete) alunos cumpriram todas as etapas da pesquisa. A totalidade deles, 35 (trinta e cinco), responderam ao questionário diagnóstico I sobre o perfil dos alunos e 32 (trinta e dois) responderam ao questionário diagnóstico II (Análise a priori). Quanto à realização da SD, instrumentalizada pelo *software Winplot*, no primeiro encontro, 32 (trinta e dois) alunos participaram e, no segundo e terceiro encontros, 33 (trinta e três) desenvolveram a atividade. Seguindo os caminhos metodológicos, apontados acima, numa adaptação às concepções da “Engenharia Didática” (ARTIGUE, 1996) que se caracteriza como “uma forma particular de organização dos procedimentos metodológicos da pesquisa” (PAIS, 2002, p.99), foi possível construir e aplicar, junto aos alunos, os instrumentos necessários ao desenvolvimento deste estudo.

Na análise preliminar, além de conversas informais com os alunos e com professores de outras disciplinas como Física, Química e Biologia, foi proposto um questionário para levantar o perfil dos alunos quanto à utilização de computadores e verificar possíveis dificuldades em relação ao conteúdo de função polinomial do 2º grau. Na análise a priori, foi proposto, aos alunos, um questionário para verificar se mobilizam seus conhecimentos na resolução de tarefas relacionadas a esse conteúdo. Para a resolução dessa atividade, os alunos utilizaram o ambiente lápis e papel.

O questionário diagnóstico I, que corresponde à Análise Preliminar, foi constituído por 07 (sete) questões objetivas que versavam sobre a familiaridade no uso do computador como auxílio nas atividades de Matemática, conceitos relacionados ao Sistema de Coordenadas Cartesianas e a representação de um ponto e de uma função polinomial do 2º grau neste sistema. Já o questionário diagnóstico II, correspondente à Análise a Priori, foi composto por 06 (seis) questões de associação entre expressão algébrica e gráfica e questões de construção gráfica. Este questionário teve por objetivo levantar, numa análise

prévia segundo a Engenharia Didática, as principais dificuldades dos alunos ao construir e interpretar gráficos de funções polinomiais. Os resultados obtidos nos questionários diagnóstico I e II constituem-se como elementos importantes na definição das variáveis mais relevantes para a construção da SD.

Através da análise dos dados, disponibilizados pelos questionários correspondentes ao perfil dos alunos e a análise a priori, elaboramos uma SD composta por três momentos, operacionalizados no *software Winplot*, SD I, SD II e SD III, sendo necessários três encontros para a sua operacionalização. Os encontros ocorreram durante os horários das aulas de Matemática. Foi utilizado o espaço do laboratório de informática da escola.

Na SD I os alunos fizeram a plotagem de pontos no Sistema de Coordenadas Cartesianas, dados as suas coordenadas x e y , e identificaram o quadrante ou sobre qual eixo os pontos estavam localizados. Na SD II os alunos construíram, no sistema de coordenadas cartesianas, gráficos de certas funções quadráticas, além de compararem as representações gráficas das funções propostas para responder a questão sobre máximos e mínimos de funções. Na SD III os alunos construíram, sobre um mesmo Sistema de Coordenadas Cartesianas, os gráficos de certas funções quadráticas, além de compararem as representações gráficas das funções propostas para responder a questão sobre as transformações gráficas que ocorrem quando somamos uma constante às funções dadas.

Para a coleta e o registro de dados, foram utilizados dos recursos abaixo listados:

- Registro escrito (teste diagnóstico e SD);
- Registro da tela do computador no momento da realização da SD;
- Armazenamento do arquivo, com as respostas relativas ao desenvolvimento da SD a partir do *Winplot*, no computador.

4. Resultados

4.1. Análise preliminar e análise a priori.

Para essa atividade, tivemos a participação total da turma, o que corresponde aos 35 (trinta e cinco) alunos, cujas idades variam de 15 (quinze) a 17 (dezessete) anos.

Quando questionados sobre o que acham do auxílio do computador como facilitador na aprendizagem de alguns conteúdos matemáticos como na representação gráfica de funções, a maioria dos alunos, 77% deles, acha que o computador facilita a

aprendizagem, enquanto 23% acham que não facilita. Na sequência a essa questão, e possivelmente interferindo na resposta a ela, questionamos se já aprenderam algum conteúdo específico de Matemática com o auxílio do computador, e novamente 77% dos alunos responderam que sim, enquanto 23% disseram que não. Temos aqui, uma possível justificativa para as respostas dadas na primeira questão quanto à relevância do uso do computador com auxílio na aprendizagem de conteúdos matemáticos. É natural que os alunos que não acreditam no computador como auxílio na aprendizagem matemática também respondam que não aprenderam com essa ferramenta.

Com relação ao conteúdo matemático específico, questionamos sobre o conhecimento do que é o sistema de coordenadas cartesianas e, 89% dos alunos responderam que o conhecem, enquanto que 11% disseram não conhecer tal sistema. Ainda que seja uma minoria a responder negativamente a questão, ela nos trouxe surpresa e preocupação, já que o conteúdo matemático proposto a ser trabalhado tem suas bases nesse sistema e tal conteúdo já foi visto pelos alunos, ou deveria ter sido visto, em anos anteriores de escolaridade. Com relação à distinção entre o eixo das abscissas e o das ordenadas, 80% dos alunos responderam que sabem distingui-los, enquanto 20% disseram não saber. A resposta dada a essa questão corrobora com a pesquisa de Maia (2007), que traz um estudo didático de uma abordagem computacional da função quadrática, revelando ser uma dificuldade por parte dos alunos o reconhecimento dos eixos coordenados tanto no ambiente lápis e papel, quanto no computacional. A pesquisadora atribui essa dificuldade a uma falha metodológica, ainda no último ano (9º ano) do ensino fundamental.

Com relação ao conhecimento dos alunos de par ordenado de números reais como a representação de um ponto no sistema de coordenadas cartesianas, 26% responderam que sabem o que significa tal representação, enquanto que 74% que não sabem. Também, Maia (2007) encontrou tal dificuldade e, novamente, concluiu ser uma dificuldade de ordem estrutural, que revelaria falhas metodológicas na abordagem do conteúdo. De acordo com a sua pesquisa, a abordagem computacional facilitaria a aprendizagem da noção de par ordenado e a plotagem desse em um sistema cartesiano.

Quanto ao reconhecimento da representação gráfica de uma função polinomial do segundo grau, 46% dos alunos responderam reconhecer graficamente, enquanto que 54% disseram não reconhecer. Tal dificuldade apresentada pelos alunos foi discutida no trabalho de Matos Filho (2010), onde o pesquisador propõe uma análise de uma Sequência Didática para o ensino de funções polinomiais do 1º e 2º graus instrumentalizada por uma

ferramenta computacional. Em sua pesquisa, concluiu que a representação gráfica de funções, com o auxílio do computador, facilita tanto a construção quanto a visualização e, conseqüentemente, a associação da representação gráfica com a representação algébrica.

O questionário diagnóstico II, composto de 06 (seis) questões, em sua maioria, abertas e com respostas numéricas de associação entre expressão algébrica e construção gráfica, foi respondido por 32 (trinta e dois) alunos e, teve por objetivo levantar, numa análise prévia segundo a Engenharia Didática, as principais dificuldades dos alunos ao construir e interpretar gráficos de funções polinomiais, discutindo sobre a posição da parábola (sua concavidade) e sua relação com o sinal do coeficiente a em sua forma algébrica, além de relacionar tal posição e sinal com o ponto de máximo ou o de mínimo.

Com a análise das respostas dadas às questões deste questionário, destacamos os seguintes aspectos:

(a) Os alunos apresentam dificuldades para localizar pontos no plano cartesiano, na identificação das coordenadas sobre os eixos, principalmente pontos do tipo $(x, 0)$ ou $(0, y)$ e, conseqüentemente, nos problemas que envolveram zeros da função. Quanto à localização de pontos no plano cartesiano, dadas as suas coordenadas, 66% apresentaram algum tipo de dificuldade, principalmente pontos sobre os eixos coordenados, enquanto que 75% não conseguiram resolver problemas relacionados aos zeros da função.

(b) A observação gráfica não foi a estratégia mais utilizada pelos alunos na resolução da questão, como também há dificuldade na associação da representação gráfica de uma função com a sua representação algébrica. Na questão onde solicitava associar a representação algébrica à representação gráfica, a maioria, 88% respondeu incorretamente. Tal dificuldade também foi verificada por Matos Filho (2010). Para o pesquisador, o trabalho com o uso de uma ferramenta computacional favorece a visualização e a correlação entre as representações algébricas e gráficas.

(c) Parece ser uma prática que os cálculos (algébricos e aritméticos) sobrepõem às observações gráficas, já que a maioria do grupo pesquisado procurava justificar a resposta dada às questões através de cálculo. Na questão onde era proposta a construção gráfica, no plano cartesiano, de algumas funções do 2º grau, observamos a predominância de cálculos, enquanto a representação gráfica para 72% dos alunos não foi realizada satisfatoriamente.

(d) A estratégia mais utilizada para a construção de gráficos foi o traçado a partir de pontos de uma tabela. Isso foi observado na mesma questão do item anterior, onde os alunos na construção dos gráficos seguiram quase que exclusivamente a mesma estratégia da

construção de tabelas de valores para a variável x , 82% deles. Parece-nos que essa atitude de resolução está associada a um procedimento mecânico, tal qual foi sinalizado no trabalho de Maia (2007), em que os alunos respondem sem muita interpretação, não se utilizando de associações e propriedades comuns.

(e) Falta de percepção mais aguçada dos alunos em relação à posição do gráfico de uma função quando se trocam os valores dos seus parâmetros. Também percebemos tal dificuldade na construção dos gráficos de certas funções quadráticas. Por conveniência, a atividade solicitava a construção gráfica de funções em que se trocavam os valores do parâmetro a . Ainda assim, 72% dos alunos não estabeleceram relação entre a mudança entre os parâmetros e o traçado gráfico.

4.2. Sequência didática, análise a posteriori e validação.

Os aspectos descritos acima sintetizam as dificuldades percebidas na análise das produções dos alunos no teste diagnóstico, tanto na análise preliminar com o perfil dos alunos quanto na análise a priori e, conforme a metodologia da Engenharia Didática aqui utilizada, estas, compõem as variáveis de comando que nortearam as escolhas que fundamentam as atividades da SD.

Cada atividade da SD, realizada utilizando o *Winplot*, se constituiu de uma descrição dos procedimentos no *software*, destinada à construção dos elementos gráficos. A partir destas construções, os alunos deveriam observá-las para em seguida responder, pelo registro escrito, as perguntas propostas em cada atividade. As ações constituídas pelos alunos para desenvolver a SD tiveram registros na própria SD, nos arquivos salvos no *Winplot* e na captura da tela do computador no momento da efetivação da atividade, conforme já descrito. Estes registros subsidiam as análises apresentadas a seguir.

A SD I, diante da dificuldade apresentada pelos alunos em localizar pontos no plano cartesiano e identificar coordenadas sobre os eixos, está relacionada à identificação de pontos no plano cartesiano e é composta de 06 (seis) alternativas a serem respondidas. A atividade é semelhante àquela aplicada na análise a priori, contudo, agora, solicitava aos alunos que plotassem os pontos apresentados na questão, utilizando o *software Winplot* e, a partir desta ação, respondessem em que quadrante (1º, 2º, 3º ou 4º) os pontos se localizavam ou se estavam localizados sobre os eixos ou, ainda, na origem das coordenadas. 32 (trinta e dois) alunos participaram desta etapa do trabalho.

Para esta atividade, esperava-se que os alunos conseguissem identificar, no *Winplot*, todos os pontos, inclusive os que estavam localizados sobre os eixos cartesianos (tipo $(x, 0)$ ou $(0, y)$), já que se apresentaram, nas análises do questionário diagnóstico, como um elemento de dificuldade. A maioria dos alunos, 94%, conseguiu desenvolver satisfatoriamente a atividade. Apenas 02 (dois) alunos não obtiveram êxito em suas respostas. 01 (um) aluno que não registrou na SD a coordenada $(-1, 0)$ como um ponto sobre o eixo das abscissas, e outro que inverteu a ordem da coordenada $(1,3)$ para $(3,1)$. Para, o aluno que não fez o registro escrito da coordenada $(-1,0)$, observamos que no arquivo salvo o ponto F $(-1, 0)$ encontrava-se devidamente construído. Deste modo, ele desenvolveu a construção de forma correta, só não transcreveu adequadamente a resposta.

Assim a dificuldade, apresentada no questionário diagnóstico, da plotagem de pontos sobre o plano cartesiano, inclusive pontos do tipo $(x, 0)$ ou $(0, y)$, pareceu-nos não ocorrer com o auxílio do *software Winplot*. Tal fato é confirmado em Matos Filho (2010). Também, com a atividade, avaliamos que os alunos reconhecem os quadrantes de um sistema cartesiano. Esse reconhecimento é importante já que é um pré-requisito para atividades posteriores neste sistema de coordenadas. Ainda, com relação aos 02 (dois) alunos que responderam incorretamente a atividade, o fizeram por uma desatenção, já que marcaram corretamente os pontos da forma que escreveram no registro escrito.

O objetivo da SD II é fazer com que o aluno perceba que modificações na escrita algébrica da função acarretam mudanças na representação gráfica e vice-versa. Diante da dificuldade, apresentada na análise a priori, na construção gráfica de funções quadráticas, na SD II, instrumentalizada no *Winplot*, eles deveriam construir, no Sistema de Coordenadas Cartesianas, os gráficos de certas funções quadráticas, além de compararem as representações gráficas das funções propostas para responder a questão sobre máximos e mínimos de funções. Partimos da função quadrática descrita algebricamente por $f(x) = x^2$, por ser a representação mais “simples” da função do 2º grau e por permitir que o aluno perceba quais modificações ocorrem em seu gráfico quando alteramos o sinal (positivo/negativo) do valor do coeficiente a quando consideramos somente representações na forma $f(x) = ax^2$. 33 (trinta e três) alunos participaram desta atividade, mas para efeito do cálculo estatístico não consideramos o aluno que não realizou a atividade anterior. Deste modo, consideramos 32 (trinta e dois) alunos para o cálculo das porcentagens.

Para esta atividade era esperado que os alunos observassem os gráficos obtidos, que todos são curvas, que se denominam parábolas. Verificassem também que, conforme o coeficiente de a positivo/negativo, a concavidade da parábola muda de posição, concavidade voltada para cima para $a > 0$ e voltada para baixo para $a < 0$, e que essa característica possibilita à função um valor de máximo ou um valor de mínimo.

Analisando as respostas dadas à atividade, percebemos ser razoável supor que os alunos perceberam que alterações do sinal positivo/negativo do coeficiente a produz modificações na posição da parábola em relação ao eixo y do sistema de coordenadas cartesianas, já que 97% responderam satisfatoriamente a questão. Somente 01 (um) aluno respondeu incorretamente quando questionado sobre a função possuir um valor máximo ou mínimo. Contudo, construiu corretamente o gráfico da função no *Winplot*, se confundindo, portanto, em suas anotações escritas. Supomos que o aluno possa ter tido dificuldade em observar a posição da parábola na tela do computador, em virtude das configurações que ele escolheu para as cores, pois no arquivo salvo por ele, após o término da atividade, encontra-se a cor do traçado gráfico próxima das cores do fundo da tela. Isto pode ter gerado certo embaraço no momento da observação e, conseqüentemente, no registro.

Os resultados dessa atividade vão ao encontro da pesquisa de Maia (2007), onde a pesquisadora concluiu que o uso de um *software* para a construção gráfica possibilita uma melhor visualização do gráfico como um todo, de modo a favorecer a percepção de características comuns entre os gráficos. Sobre isso, Penteado (2005), discute sobre a necessidade de uma reorganização da estrutura escolar adequada às novas tecnologias, como a inserção do computador na rotina das escolas, que deve amparar-se sobre uma nova gestão do tempo, que possibilite uma organização que favoreça a aproximação do tempo de aprendizagem e o tempo de ensino. Em outras palavras, enquanto o computador realiza algumas tarefas de cálculos, construção de figuras, de gráficos, desenvolvimento de algoritmos etc., ele permite a organização de mais atividades conceituais.

Na SD III, instrumentalizada no *Winplot*, os alunos deveriam construir, sobre um mesmo sistema de coordenadas cartesianas, os gráficos de certas funções quadráticas, além de compararem as representações gráficas das funções propostas para responder a questão sobre as transformações gráficas que ocorrem quando somamos uma constante às funções dadas. Tal atividade tem o propósito de verificar a translação vertical que ocorre com o gráfico da função $f(x) = x^2$ quando somamos ou subtraímos uma constante. Era esperado que o aluno conseguisse compreender que esse resultado – translação vertical – ocorre

sobre o eixo y e depende da constante associada à função. Utilizamos a mesma atividade daquela usada para a análise a priori, na qual os alunos, no ambiente lápis e papel, não obtiveram bons resultados. Para esta etapa da atividade, compareceram 33 (trinta e três) alunos, mas novamente, admitimos para efeito de cálculo das porcentagens, 32 (trinta e dois) alunos, já que 01 (um) deles (o mesmo) não realizou a SD I.

Os resultados evidenciam que a maioria dos alunos respondeu a atividade satisfatoriamente, já que 94% conseguiu observar e responder corretamente sobre quais transformações ocorrem no gráfico da função $f(x) = x^2$ quando somamos ou subtraímos uma constante a ele. Esses resultados corroboram com as ideias de alguns autores (FREIRE, CASTRO FILHO & FERNANDES, 2008) em destinar os cálculos, o traçado gráfico ou a locação dos pontos como tarefa dos computadores e, desta forma, permitir maior liberdade para os alunos se concentrarem em outras reflexões acerca das funções, a exemplo, o estudo da translação vertical do gráfico de uma função.

Contrariando os resultados do teste diagnóstico na SD os resultados foram mais satisfatórios, como pode ser observado na tabela.

Quadro 1 – Percentual das respostas da atividade 06 da Análise a Priori e da SD III.

Construção Gráfica	Resposta Correta	Resposta Inadequada	Não Respondeu
Análise a Priori	28%	72%	0%
SD (no Winplot)	94%	06%	0%

Fonte: Análise a Priori e SD III.

Esses resultados evidenciam que as dificuldades verificadas na construção desta questão no ambiente lápis e papel (questão 06 do teste diagnóstico) parecem terem sido superadas pela construção a partir do *software* e, sendo assim, os alunos ficaram mais livres para refletir sobre a posição de cada uma das funções em discussão. Isto corrobora com as discussões sobre as possibilidades de o computador realizar cálculos e construções gráficas complexas e, a partir destas realizações, permitirem que os alunos possam desenvolver outros conceitos (FREIRE, CASTRO FILHO & FERNANDES, 2008).

Também, pelo delineamento do trabalho através da metodologia da Engenharia Didática, com uma sequência de atividades que conduz o aluno em suas dificuldades de maneira a superá-las durante a realização das tarefas, acreditamos que houve uma melhora significativa no decorrer do processo, o que certamente influenciou no sucesso demonstrado pelos dados, com relação ao crescimento da análise dos alunos, frente à representação gráfica de uma função quadrática.

Nas análises da SD, destacamos: a) O uso do *software Winplot* proporcionou maior liberdade nas escolhas a serem estudadas, não sendo mais necessário levar em consideração as limitações de cálculos; b) A utilização do *software Winplot* permitiu que, a partir da visualização dos gráficos construídos pelo programa, os alunos pudessem se dedicar mais ao estudo das características das funções; c) Isoladamente, o manuseio do *software Winplot* não é suficiente para possibilitar a construção do conhecimento.

Os resultados apresentados na análise da SD direcionam o computador (*softwares*) como uma ferramenta que pode privilegiar os alunos na interpretação e construção gráfica de funções. Porém, esse favorecimento deve estar relacionado com a necessidade de reavaliar a estrutura de ensino, os tipos de atividades, os conteúdos ensinados, as formas de avaliação e o papel do professor quando for utilizado o computador.

5. Considerações finais

Os resultados da pesquisa mostraram que o uso do *software Winplot* pode favorecer a leitura, interpretação e construção gráfica, além de propiciar maior liberdade aos alunos nas questões ligadas aos cálculos e nas escolhas das atividades pelo professor. Porém, é necessário destacar que o programa não irá trazer benefícios por si só, sendo necessário associar o uso do programa a uma SD desenvolvida a partir de escolhas criteriosas e com objetivos bem definidos e claros para cada uma das suas atividades, levando em consideração os limites do cálculo, das construções e dos problemas mais ligadas ao mundo real, já que estes não se constituem mais, a partir do uso da ferramenta computacional, como elementos limitadores ao processo de ensino.

Destacamos que a metodologia usada está intimamente ligada aos resultados positivos da pesquisa, pois sem a Engenharia Didática de Michèle Artigue, não seria possível construir uma sequência didática que permitisse observar que modificações na escrita algébrica acarretam mudanças na representação gráfica da função quadrática e vice-versa. E, além disso, com a análise a priori foi possível identificar as maiores dificuldades na construção gráfica das funções e construir atividades que proporcionassem aos alunos reflexões a respeito de tais gráficos e suas respectivas representações algébricas.

6. Referências

ALMEIDA, M. E. B. **Educação à distância na Internet**. Revista Educação e Pesquisa. São Paulo, v.29, nº 2, p. 327-340. Jul./dez.2003.

ARTIGUE, M. Engenharia Didática. In: **Didáctica das Matemáticas**. BRUN, J. (Org.). Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

BITTAR, M. Possibilidade e dificuldades da incorporação do uso de softwares na aprendizagem da matemática. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (SIPEM), 3., 2006, Águas de Lindóia - SP. **Anais do III SIPEM**, Águas de Lindóia: SBEM, 2006. p. 18-29.

FREIRE, R. S.; CASTRO FILHO, J. A.; FERNANDES, A. C. Iniciação a álgebra e a utilização de objetos de aprendizagem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (SIPEMAT), 2., 2008, Recife. **Anais do 2º SIPEMAT**, Recife: UFRPE, 2008. p. 32-41.

MAIA, D. **Função Quadrática**: Um Estudo Didático de uma Abordagem Computacional. 2007. Dissertação de Mestrado, PUC, São Paulo, 2007.

MATOS FILHO, M. A. **Análise de uma Sequência Didática para o Ensino de Funções Polinomiais do 1º e 2º Grau Instrumentalizada em uma Ferramenta Computacional**: Possibilidades e Dificuldades. 2010. Dissertação de Mestrado. UFRPE, Recife, 2010.

NOGUEIRA JÚNIOR, D. C.; LAUDARES, J. B. O ensino de valor absoluto e função modular na perspectiva curricular em rede. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (SIPEMAT), 2., 2008, Recife. **Anais do 2º SIPEMAT**, Recife: UFRPE, 2008. p. 53-59.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática, uma análise da influencia francesa**. 2ª edição, Belo Horizonte: Autentica, 2002.

PENTEADO, M. G. Novos Atores, Novos Cenários: Discutindo a Inserção dos Computadores na Profissão Docente. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). **Pesquisa em educação matemática**: concepções e perspectiva. São Paulo: UNESP, 1999.

PENTEADO, M. G. Redes de Trabalho: Expansão das Possibilidades da Informática na Educação Matemática da Escola Básica. In: BICUDO, M. A. V. et al. **Educação Matemática**: pesquisa em movimento. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

SOUZA, S. A. **Usando o Winplot, da escola à universidade**. João Pessoa, 2004. Disponível em: <<http://www.mat.ufpb.br/~sergio/winplot/usandoowinplot.pdf>> Acesso em: 20 de setembro de 2012.

ZUFFI, E. M. Uma Sequência Didática sobre “Funções” para a Formação de Professores do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM), 8., 2004, Recife. **Anais do VIII ENEM**, Recife: SBEM, 2004. p. 14-16.