

**CEDO OU TARDE, MATEMÁTICA: UMA PERFORMANCE
MATEMÁTICA DIGITAL CRIADA POR ESTUDANTES DO ENSINO
FUNDAMENTAL**

**SOONER OR LATER, MATHEMATICS: A DIGITAL
MATHEMATICAL PERFORMANCE CREATED BY ELEMENTARY
SCHOOL STUDENTS**

Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva
The University of Western Ontario – Western – Canadá & CAPES
Marcelo C. Borba
Universidade Estadual Paulista – Unesp/Rio Claro, SP - Brasil
George Gadanidis
The University of Western Ontario – Western - Canadá

Resumo

Neste artigo exploramos a criação de uma performance matemática digital realizada por estudantes do ensino fundamental, na qual eles dramatizam alguns *insights* sobre possíveis experiências matemáticas em seus cotidianos. Destacamos o fato de como a performance foi criada colaborativamente, com a utilização de uma câmera de vídeo de um telefone celular. Com base na noção de estudo de casos qualitativos, analisamos a performance digital dos estudantes a partir de uma lente teórica do cinema. Concluímos que a performance criada pelos estudantes pode oferecer surpresas conceituais, emoções e sensações à audiência, mas não apresenta argumentos que sustentem a conceptualidade das ideias exploradas.

Palavras-Chave: Educação Matemática; Performance; Tecnologia Digital, Multimodalidade.

Abstract

In this paper we explore how elementary school students created a digital mathematical performance in which they dramatize some insights about their everyday mathematical experiences. We highlight the fact that the performance was created collaboratively, based on the use of a cell phone video camera. Based on the notion of qualitative case studies, we analyze the students' digital mathematical through a cinema theoretical lens. We found that the students' digital performance has the potential to offer conceptual surprises, emotions, and sensations to the audience, but it does not present arguments to support the conceptuality of the ideas explored.

Key-Words: Mathematics Education; Performance; Digital Technology; Multimodality.

1. Introdução

Desde 2006, conduzimos projetos de pesquisa explorando interlocuções entre as artes performáticas e o uso de tecnologias digitais em Educação Matemática. Tradicionalmente, a expressão “performance matemática” é associada a questões sobre avaliação, sobre o desempenho de estudantes em testes. No entanto, em nossos trabalhos, *performance matemática* refere-se ao processo de comunicação de ideias ou conceitos matemáticos através das artes performáticas como a música, o teatro, o cinema e a poesia. Em muitas das atividades desenvolvidas em nossos projetos, buscamos oferecer aos estudantes do ensino fundamental de escolas públicas a oportunidade em criar o que denominamos *performances matemáticas digitais* (PMDs), que podem ser entendidas como textos multimodais (como vídeos ou objetos virtuais de aprendizagem) que dão suporte à representação de performances matemáticas. As PMDs que produzimos colaborativamente são publicadas em ambientes online que suportam nossos projetos, como o *Math + Science Performance Festival* (www.mathfest.ca).

Neste artigo discutimos um estudo de caso qualitativo e apresentamos de modo exploratório, algumas das atividades que conduzimos em uma escola estadual pública de ensino fundamental do estado de São Paulo. Estas atividades incluem sessões de criação de uma PMD (criação de *script* e filmagem) e sessões de investigação matemática e edição de vídeo. Também analisamos a própria PMD a partir de uma lente teórica fundamentada em uma teoria do cinema (BOORSTIN, 1990).

2. Breve Revisão de Literatura

Existe uma ampla literatura sobre diversificadas interlocuções entre matemática e artes. Tais relações são exploradas, por exemplo, através da noção de estética envolvendo padrões e simetrias (SINCLAIR; PIMM; HIGGINSON, 2006), como a beleza dos fractais e outros objetos geométricos (BANCHOFF; CERVONE, 1998). São também explorados vários paralelos entre história da matemática e história das artes e da música (ABDONOUR, 2002), incluindo vários exemplos em etnomatemática (GERDES, 2010).

A matemática é, do ponto de vista artístico, uma criação de novos ritmos, ordens, imagens e harmonias, e do ponto de vista do conhecimento, é um estudo sistemático dos vários ritmos, projetos e harmonias. A matemática é, de um lado, o estudo qualitativo das estruturas de beleza, e do outro lado é a criadora de novas formas artísticas de beleza (SCHAAF, 1948, p. 50).

Nesse sentido, o próprio fazer matemático pode ser compreendido como um fazer artístico. No entanto, é importante reconhecer que a matemática tem um problema com relação à sua imagem pública. Apesar de muitas pessoas reconhecerem a importância cognitiva e social da matemática, ela é geralmente

REMATEC, Natal (RN) Ano 7, n.11/ Jul-Dez, 2012

associada à estereótipos como “uma ciência fria e desumana” (FURINGUET, 1993; LIM; ERNEST, 1999). As pessoas, de modo geral, não associam a matemática à algo belo, sublime ou divertido e prazeroso. A imagem negativa da matemática é fundamentalmente condicionada pelas experiências que estudantes têm na escola (PICKER; BERRY, 2000). Noss (2005) observa que experiências matemáticas “ricas” são eventos raros.

Em nossa perspectiva, as artes e as tecnologias digitais são fundamentais para que a matemática seja experienciada pedagogicamente de forma estética e humana. Gerofsky (2006) comenta que não é comum articular matemática e educação matemática à performance, pois muitos dos aspectos que fazem uma performance algo interessante contradizem algumas tradições geralmente associadas à atividade matemática.

Nossa inquietação fundamental diz respeito tanto à natureza da ideia matemática explorada como a forma como esta ideia é comunicada com a utilização das artes e das tecnologias digitais. Queremos desenvolver habilidades para nos tornamos “bons” contadores de “boas” histórias matemáticas. E queremos criar cenários para que estudantes e professores desenvolvam as mesmas capacidades. Gadanidis e Borba (2008) argumentam que a noção de PMD pode oferecer caminhos para que estudantes e professores explorem “grandes” ideias ou conceitos matemáticos. Os conceitos matemáticos explorados em PMDs devem buscar: (a) conectar múltiplas ideias e representações; (b) explorar surpresas, emoções e sensações.

Watson e Mason (2007, p. 4) “tendem a ver a surpresa como uma emoção positiva [e] a matemática como cheia de surpresas filosóficas e cognitivas”. Floyd (2011) estuda o papel da surpresa no fazer matemático em Wittgenstein e argumenta que a matemática depende de surpresas, do inesperado e da beleza, para capturar o nosso interesse em praticá-la. Gadanidis et. al. (2009) complementam que, além de surpresas, grandes ideias matemáticas devem propiciar meios para que as pessoas sejam engajadas em investigações matemáticas com o mínimo de conhecimento, mas que a ideia possa ser estendida gradualmente a conceitos cada vez mais profundos.

3. Referenciais Teóricos

Nas teóricas socioculturais destaca-se o papel da atividade na aprendizagem de matemática, ligada a participação em práticas culturais, tendo o *indivíduo-em-ação-social* como uma unidade de análise (COBB, 1994). O pensamento se desenvolve a partir de atividade prática e orientada a objetos, isto é, “a ação humana é mediada por ferramentas culturais e é fundamentalmente transformada no processo” (GOOS et al., 2000, p. 306). Levy (1998) afirma que “como os seres humanos nós nunca pensamos sozinhos ou sem ferramentas. Instituições, línguas, sistemas de signos, tecnologias de representação, comunicação, e gravação todas formam as nossas atividades cognitivas de uma maneira profunda” (p. 121). Lévy (1993) usa o termo

coletivos pensantes para discutir a colaboração entre atores humanos e não-humanos na ecologia cognitiva. Borba e Villarreal (2005) comentam que a noção de regulação por computadores é qualitativamente diferente quando comparada com a mediação de linguagens verbal e escrita. Os autores argumentam que (a) seres-humanos-com-mídias são coletivos pensantes em constante reorganização do pensamento matemático e (b) as mídias transformam a matemática. Assim, nosso interesse de pesquisa está focado em como estudantes-e-professores-com-mídias formam coletivos pensantes quando criam PMD. Estamos interessados em compreender o papel das tecnologias digitais sobre o pensamento e a aprendizagem de estudantes quando eles comunicam suas ideias matemáticas utilizando as artes performáticas. Assim como Coob (1994) enfoca os *indivíduo-em-ação-social*, nós enfocamos coletivos pensantes de seres-humanos-com-mídias como uma unidade analítica nos cenários pedagógicos que envolvem aprendizagem matemática.

A noção de *multimodalidade* também é fundamental na composição de nossas lentes teóricas. As tecnologias digitais oferecem meios para a comunicação multimodal. A linguagem da Internet, composta por vídeos, imagens, sons e textos escritos, é fundamentalmente multimodal. De acordo com Kress (2003), a natureza da comunicação é multimodal. No entanto, as discussões sobre multimodalidade geralmente emergem pelo fato das mídias digitais explicitarem certas limitações sobre o “letramento impresso” com base apenas em escrita e leitura (HEYDON, 2010). Kress (2003, p. 5) aponta que a mídia digital “facilita o uso de uma multiplicidade de modos e, em particular o modo de imagem - fixas ou em movimento - bem como outros modos, tais como música e efeitos de som, por exemplo”.

The New London Group (1996) propõe um modelo sobre os modos de significação formados por cinco designs. São eles: linguístico, visual, gestual, espacial e sonoro. O modelo proposto por este grupo é o mais influente na nossa noção sobre multimodalidade. Nós então vemos PMDs como *textos multimodais*. Pahl e Rowsell (2005, p. 27) consideram que “precisamos ver textos como artefatos, isto é, como objetos com uma história e uma presença material”. De acordo com Kress (2003), a comunicação - independentemente do modo - sempre acontece como texto. Ernest (2004, p. 79) argumenta que a noção de texto no ensino e na aprendizagem da matemática inclui tanto “as representações discursivas construídas e utilizadas pelos professores para se comunicar com sustentáculos, como aqueles inscritos pelos próprios alunos para se comunicar com os professores”. Nesta perspectiva, os textos incluem “representações de discurso construído em falar, usando a linguagem corporal, escrevendo sobre a lousa, transparências, telas de computadores, ... livros, planilhas, softwares de computador, [e assim por diante]” (p. 79).

Finalmente, consideramos que as PMDs podem ser interpretadas a partir do ponto de vista do cinema. Em seu livro “O olhar de Hollywood”, Boorstin (1990) explora três aspectos fundamentais que um produtor de filmes deve

buscar despertar na audiência. Eles são: **(1) Observação:** refere-se a um olhar racional sobre o filme. A história faz sentido? A audiência está imersa na realidade do filme? Surpresa é um aspecto-chave para manter a audiência racionalmente interessada em um filme. Então, considerando-se as PMDs, busca-se (a) explorar ideias que proporcionem surpresas matemáticas, ou seja, ideias que busquem romper estereótipos sobre alguns conceitos, que explicita a matemática como algo associado ao belo e maravilhoso; (b) comunicar as ideias de modo claro e objetivo, mas assumindo possíveis tensões entre a dimensão lógica do raciocínio matemático e a dimensão subjetiva emergente com as linguagens artísticas. **(2) Emoções Vicárias:** refere-se aos momentos emocionais em que sentimos aquilo que os atores estão sentindo. Quando nossos corações sentem o que os corações dos atores estão sentindo. Close-ups sobre as expressões faciais dos atores e atualização de alguns tipos de músicas potencializam o olhar das emoções vicárias. **(3) Sensações Viscerais:** refere-se aos momentos em que não sentimos exatamente o que os atores estão sentindo e passamos a sentir nossas próprias sensações. Momentos de ação, experiências diretas, medo ou suspense compõe o olhar visceral. Alguns tipos específicos de sons podem intensificar tal sensação.

4. Metodologia

Neste artigo, utilizamos a noção de estudo de casos qualitativos para apresentar nossas discussões. Stake (2003) argumenta que estudos de casos qualitativos são específicos e limitados, eles têm padrões e o foco está na compreensão da complexidade do caso. Yin (2006) afirma que “a força do método de estudo de caso é a sua capacidade de analisar, em profundidade, um caso, dentro de seu contexto de vida real” (p. 111). Estudo de caso “é melhor aplicado quando a pesquisa aborda questões descritivas ou exploratórias, que tem como objetivo produzir conhecimentos sobre pessoas e eventos” (p. 112).

Os dados discutidos neste artigo foram produzidos a partir de um projeto de pesquisa chamando *Students as Performance Mathematicians* (REFERÊNCIA), financiado pelo *Social Sciences and Humanities Council of Canada*. Ao longo de um período de dois anos (2008-2010), parte da equipe de pesquisa deste projeto trabalhou em parceria com uma escola pública estadual em Rio Claro, São Paulo, Brasil. Essas atividades envolviam estudantes do ensino fundamental (e alguns professores) em uma série de atividades com o objetivo de produzir performances matemáticas digitais. Foram também organizados “Festivais Matemáticos” na escola, nos quais estudantes e professores apresentaram suas obras artísticas matemáticas a muitos membros da comunidade escolar, incluindo estudantes, professores, funcionários e pais e familiares de estudantes. Todas estas performances matemáticas criadas neste projeto foram também publicadas no site do *Math + Science Performance Festival*. Nossos dados consistem então de vários recursos produzidos a partir dessas atividades: (a) notas de campo, (b) registros escritos dos estudantes, (c)

gravações em vídeo das sessões com os estudantes; (d) gravações em vídeos das entrevistas semi-estruturadas com alunos e professores; (e) transcrições dos registros em vídeo, e (f) as performances matemáticas digitais. Neste artigo utilizamos apenas os dados produzidos em 4 sessões de aprendizagem (4 horas cada) conduzidas em dezembro de 2009. Nestas sessões participaram 16 estudantes de oitava série (atuais nono ano), o primeiro autor deste texto e a coordenadora pedagógica da escola. Contamos ainda com a colaboração de um cineasta na condução de workshops, direção da performance e edição de vídeos.

Para análise das sessões com os estudantes utilizamos a noção de análise de vídeos proposta por Powell, Francisco e Maher (2004). Este modelo propõe as seguintes fases ou procedimentos não lineares: (a) *Familiarização com os dados*: assistir aos registros de vídeos várias vezes; (b) *Descrição*: elaboração de registros escritos que descrevam os eventos registrados (c) *Transcrição*: elaboração de registros que representem rigorosamente a fala e os gestos dos estudantes e dos participantes das sessões (d) *Identificação de eventos críticos*: um evento é crítico quando representa uma evidência para as perguntas diretrizes propostas; (e) *Codificação*: criação de códigos para a diversidade de momentos críticos que auxiliam na identificação de padrões e unidades de significados no processo analítico (f) *Criação de episódios e do enredo*: refere-se ao texto que compila os vários momentos críticos e ao processo de contraste com outras fontes de dados como notas de campo.

Para análise da PMD, também utilizamos o modelo Powell, Francisco e Maher (2004) em combinação com uma variação das categorias propostas por Boorstin (1990). REFERÊNCIA (no prelo) está propondo um modelo para análise de PMDs baseado em cinco categorias: (1) *Descrição*: descrição da PMD incluindo imagens e uma transcrição na íntegra, pois cada PMD já tem uma seleção de momentos críticos. Quais as ideias matemáticas exploradas? Que artes performáticas são utilizadas? Quem são os participantes e autores da performance?; (2) *Surpresas*: são significantes do ponto de vista da performance (BOORSTIN, 1990) e da matemática (WATSON; MASON, 2006). A performance oferece meios para que a audiência experiencie uma ideia inesperada? As ideias exploradas oferecem oportunidades para que a audiência veja a matemática como algo estético, belo e prazeroso? (a) entre ideias e conceitos, representações e modos de comunicação? (3) *Raciocínio*: uma história dramática deve fazer sentido (BOORSTIN, 1990). Além disso, qual a natureza do pensamento matemático dos estudantes? Eles apresentam argumentos que sustentam suas ideias? Há erros conceituais na performance? Qual o papel das tecnologias na produção de conhecimentos?; (4) *Emoções*: que tipo de emoções a audiência pode sentir ao assistir a performance? Qual a relação entre as emoções da história e as ideias matemáticas exploradas? (5) *Sensações*: que tipo de sensações a audiência pode sentir? Em que momentos

as cenas de ações ou suspense ocorrem? Estas estão relacionadas às ideias matemáticas exploradas na performance?

5. Falando sobre Cinema, ouvindo as ideias matemáticas dos estudantes, criando um *script*

Iniciamos a primeira sessão com os estudantes apresentando alguns fundamentos sobre cinema. Inicialmente, buscamos enfatizar que o acesso as tecnologias digitais como câmeras e software de edição de vídeo estão se tornando cada vez mais acessíveis e populares na vida cotidiana das pessoas. Posteriormente, nós exploramos três noções com os estudantes: (1) do ponto de vista técnico, um filme é composto por cenas, cenas são compostas por planos, planos são compostos por *takes*, e *takes* são compostos por fotogramas. A noção sobre esta estrutura é impotante tanto para filmagem como para edição de vídeos; (2) Existem diversos tipos de closes ou focos para filmagem. Os níveis de zoom variam desde um plano geral até um close-up. Os tipos de focos proporcionam emoções específicas à audiência. (3) Sobre a natureza da narrativa. Discutimos a ideia de “contar uma história”, “fazer sentido” e “surpreender a audiência” em um filme. Discutimos também a noção de gêneros (aventura, suspense, documentário, etc.) e sobre o papel dos personagens. Neste contexto, buscamos evidenciar que criatividade é uma palavra-chave. A audiência busca uma história que faça sentido, mas que a surpreenda e a emocione.

Iniciamos então o processo de criação de um *script* para uma performance matemática baseado nas ideias dos estudantes. Na realidade, os estudantes já estavam pensando em um enredo há aproximadamente dez dias, quando nós contactamos a escola e propusemos aos estudantes que pensassem sobre seu cotidiano e utilizassem as câmeras de seus telefones celulares para criar registros da matemática do dia a dia. Intencionalmente queríamos propor uma atividade baseada no paralelo entre o telefone celular enquanto uma tecnologia do dia a dia e possíveis experiências matemáticas que os estudantes poderiam vivenciar em seus cotidianos. Nossa intenção inicial era utilizar as imagens criadas pelos estudantes nesse período de 10 dias. Algumas poucas imagens foram criadas pelos estudantes e elas serviram como um “rascunho” para a criação do *script*. Este foi um momento de negociação coletiva de significados. Por um lado, priorizamos as vozes dos estudantes e suas ideias sobre como eles vêem a matemática em suas atividades diárias. Por outro lado, reconhecemos nosso papel enquanto educadores que visam aprimorar as ideias propostas e engajar os estudantes em atividades coletivas de produção de conhecimentos matemáticos.

Duas ideias iniciais foram propostas pelos estudantes: (a) matemática quando andamos de bicicleta e (b) matemática quando jogamos futebol. Além disso, eles deixaram explícita a intenção em criar um contexto que apresentasse à audiência suas realidades em sala de aula. Na realidade, os estudantes

propuseram detalhes sobre como algumas situações que acontecem em sala de aula como, por exemplo, a proibição com relação ao uso de telefones celulares. Ao serem questionados sobre como tais questões matemáticas poderiam ser abordadas um grupo de estudantes propôs o seguinte: “a gente tentou filmar um percurso de bicicleta, em certa velocidade. Ai, a gente queria dar a ideia de que aumentado a velocidade, quanto tempo levaria para fazer o mesmo percurso novamente. Ou diminuindo a velocidade com algum obstáculo, por exemplo”. Um outro grupo de estudantes disse ter encontrado um problema em um livro didático: “Nós vimos um problema no livro sobre quantas voltas a roda da bicicleta tem que dar para completar um percurso de 8 quilômetros”. Um terceiro grupo disse estar interessado nas dimensões de uma quadra ou campo de futebol.

Baseado nestas sugestões, propusemos aos estudantes criarem experimentos nos quais eles iriam andar de bicicleta e coletar dados com uma calculadora gráfica e com um sensor de movimento. Eles poderiam explorar questões como interpretar um gráfico da distância pelo tempo ou velocidade pelo tempo baseado em dados “reais”. Além disso, propusemos aos estudantes explorarem a noção de simetria na natureza. Quando questionados sobre o que seria simetria, um dos estudantes pegou uma folha de papel e a dobrou dizendo: “é tipo um espelho”. Baseados nesta colaborativa negociação de significados, um esboço para a performance matemática digital foi proposto ao final da primeira sessão com os estudantes:

Cena 1. Em sala de aula. O professor(a) aplica uma prova à turma. Um estudante imagina experiências do seu dia a dia fora da sala de aula para resolver as questões da prova.

Cena 2. Fora da sala de aula. Os estudantes fazem um experimento com a calculadora gráfica e com o sensor CBR coletando dados gráficos sobre distância pelo tempo e velocidade pelo tempo ao andarem de bicicleta.

Cena 3. Fora da sala de aula. Um estudante fala sobre as dimensões da quadra poliesportiva da escola. O estudante visualiza representações de retângulos e menciona o problema sobre a otimização da área de um retângulo.

Cena 4. Fora da sala de aula. Um estudante mostra algo da natureza (uma folha ou uma flor) que tenha características físicas envolvendo simetria.

Cena 5. Em sala de aula. O estudante tira 10 na prova. Outro estudante pergunta ao professor o por que ele tirou esta nota. O professor pede para que o aluno explique. O aluno diz que pensou nas coisas do dia a dia e parte das imagens que representam sua imaginação são exibidas novamente.

6. Definindo os papéis e filmando a performance

Os papéis que os estudantes performaram foram também decididos colaborativamente. Alguns estudantes tomaram a iniciativa em performar alguns papéis. Outros, aceitaram o papel após nossa indicação. Não houve “disputa” por papéis, embora, inicialmente, dois estudantes quisessem performar o protagonista. Alguns estudantes optaram por colaborar com o processo de REMATEC, Natal (RN) Ano 7, n.11/ Jul-Dez, 2012

filmagem ao invés de atuarem na performance. Outros participaram do processo de criação da trilha sonora da performance.

Nós utilizamos um telefone celular com câmera de 5.1 *megapixels* para capturar as imagens. Novamente, enfatizamos o paralelo entre o celular enquanto uma tecnologia digital que as pessoas utilizam no dia a dia e o fato de estarmos criando uma performance sobre a matemática do dia a dia dos estudantes. Os telefones celulares tem se difundido na sociedade e utilizá-los em nosso trabalho em matemática é uma maneira de conectar alunos com as literacias fora da sala de aula. Docksai (2009) e Pursell (2009) notam que os alunos ficam inicialmente surpresos com o uso de telefones celulares, eles gostam de usá-los para fins educativos e ficam mais motivados a aprender. Librero et. al. (2007) sugerem que o uso de tecnologias móveis capacitam os alunos na sua aprendizagem, e oferecerem meios para colaboração. Pursell (2009) comenta que “os alunos estão migrando para a versatilidade, mobilidade e conveniência dos telefones celulares. Eles podem ouvir música, ver vídeos, texto, chamada de amigos, ver e-mail, navegar na Web, e jogar - tudo isso em um dispositivo de bolso. O anterior fascínio do computador portátil (laptops) está diminuindo rapidamente” (p. 1219). Pursell (2009) também adverte que os educadores têm preocupações sobre o uso de tecnologias móveis na sala de aula (como colar em provas ou perturbar a atividade em sala de aula se usado para fins sociais). Estas preocupações têm também de ser abordadas e discutidas para a sua utilização eficaz de cunho pedagógico.

Nós então iniciamos a gravação da primeira e da última cenas em sala de aula (ver Figuras 1a e 1b). Nós preparamos as “questões da prova” e os materiais a serem abordados previamente à gravação, logo após a primeira sessão do dia anterior. Nós esboçamos algumas falas que os estudantes poderiam comunicar na performance e lapidamos o design das questões matemáticas a serem exploradas. Contudo, buscamos deixar espaços para que novas contribuições e sugestões dos estudantes pudessem ser incorporadas na performance a qualquer momento.

Figuras 1a e 1b: Filmagem da PMD dentro e fora da sala de aula.



O improviso, característico na performance artística, é rico para a criatividade dos estudantes. As questões exploradas na performance foram dois problemas

de física envolvendo distância e velocidade para explorar questões sobre o andar de bicicleta. A questão sobre otimização do problema da área de um retângulo para explorar as representações em uma quadra de poliesportiva. Uma questão sobre simetria. Fora da sala de aula nós gravamos representações das experiências da matemática do dia a dia, ou seja, gravamos as cenas três, quatro e cinco.

Um dos aspectos mais importantes com relação ao processo de filmagem de performances diz respeito à fala dos estudantes. Desenvolver habilidades com relação à comunicação clara e objetiva de ideias é um processo apontado em muitos currículos (BRASIL, 1996; ONTARIO, 2005). O processo de *repetição* de falas é muito importante no teatro e para a aprendizagem (matemática). Durante o processo de filmagem das performances, no qual os estudantes estão atuando, se necessário, nós insistimos que os estudantes repitam suas falas de modo a termos um take no qual eles comunicam a fala claramente. Algumas vezes, cometem erros em falas, mesmo quando eles estão lendo aquilo que devem falar. A “materialização” de pensamentos em palavras é uma forma de expressar o eu. É um processo de formação de identidade e aprendizagem no qual o estudante explicita o que sabe e conhece ao *outro* e reorganiza seu pensamento nesse processo formativo. E é aqui que a noção de performance matemática digital torna-se também significativa do ponto de vista pedagógico. Tipicamente, os estudantes representam suas ideias por meio do texto impresso, no qual o outro é o professor. Em algumas situações, os estudantes expressam ideias verbalmente em sala de aula aos seus colegas, mas sem registro material. Ao criarem um registro em vídeo os estudantes expressam suas ideias utilizando múltiplos modos de comunicação (linguísticos, visuais, aurais, espaciais e gestuais). PMDs, enquanto textos multimodais, compilam diversos níveis de signos, o que potencializa a natureza da produção de significados. Além disso, PMDs são publicadas online, ou seja, a audiência engloba múltiplos outros, não somente o professor em sala de aula. PMD contribui para que estudantes comuniquem suas ideias matemáticas para além do ambientes convencionais das salas de aula, na formação de suas identidades enquanto “matemáticos performáticos”.

7. Editando o vídeo, criando música e investigando questões matemáticas

Após a filmagem, durante duas sessões (4 horas cada), conduzimos o processo de edição do vídeo e exploração das ideias comunicadas na performance. Ou seja, nas sessões com estudantes discutidas neste artigo, criamos primeiramente a performance matemática baseados em algumas ideias e *insights* emergentes em discussões e temas apontados pelos estudantes e, posteriormente, nós conduzimos uma investigação mais profunda sobre os temas abordados na performance. No entanto, baseados em outras experiências (REFERÊNCIA), nós consideramos mais pertinente do ponto de vista pedagógico primeiramente investigar ideias matemáticas e, posteriormente,

criar a performance tendo como base as investigações nas quais ideias profundas e novas ideias podem emergir. O processo investigativo das ideias matemáticas oferece a oportunidade de estudantes explorarem um tópico em profundidade e dialogar sobre as ideias elaboradas sobre determinado conceito. Além disso, a investigação matemática prévia a criação da performance oferece aos estudantes a oportunidade de comunicarem não somente suas ideias, mas sua aprendizagem matemática.

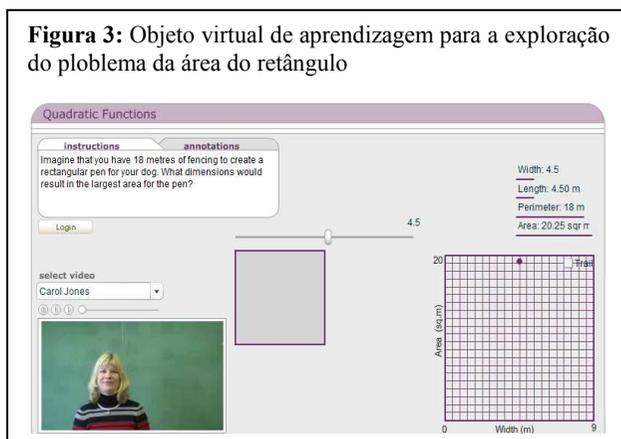
Nas sessões, trabalhamos com dois grupos simultaneamente. Dentro do laboratório de informática criamos dois “centros de interações”. Em um dos centros conduzimos de modo permanente (8 horas) a edição do vídeo. No outro centro foram conduzidas três tipos de investigações (aproximadamente 2 horas cada): com calculadora gráfica e sensor, o problema da área do retângulo e a noção de simetria. Nossa intenção foi propiciar aos estudantes contextos para que eles explorassem atividades com tecnologias digitais sobre cada tema explorado na performance e que discutissem suas conjecturas após cada investigação. Essas explorações matemáticas serviram como um contexto para que os estudantes elaborassem algumas conjecturas e ideias com base na noção de experimentação com tecnologias (BORBA; VILLARREAL, 2005). Algumas ideias foram discutidas com clareza, outras mereceriam um tratamento mais profundo em uma oportunidade futura.



O processo de exploração com as calculadoras gráficas e sensor foi baseado em experimentos com um protótipo móvel acionado por controle remoto (um “carrinho de controle remoto”). Os estudantes realizaram movimentos com o protótipo coletando dados considerando as variáveis distância e tempo. Com base nos gráficos gerados pela calculadora os estudantes discutiam qual a distância total percorrida pelo protótipo. Ao visualizarem o gráfico da figura 2, por exemplo, os estudantes discutiam que o movimento realizado pelo protótipo representava as retas constantes e qual representa a reta crescente. Além dos movimentos realizados pelo protótipo, os estudantes conduziram movimentos corporais buscando criar gráficos lineares considerando também as variáveis distância e tempo. Nesse tipo de

investigação os estudantes discutem relações entre movimentos (corporais ou de um objeto) e suas respectivas representações gráficas. Esse tipo de investigação propicia aos estudantes oportunidades para que eles *pensem-com-tecnologias*. Ao conjecturarem que as retas constantes no gráfico representam o objeto em repouso e a reta crescente um corpo em movimento retilíneo uniforme no qual o corpo se distancia do sensor (ou vice-versa), *estudantes-com-calculadoras-gráficas-e-CBR* estão formando um coletivo pensante (BORBA; SCHEFFER, 2004).

Visando a criação de cenários da mesma natureza para a exploração do problema da área do retângulo e da noção de simetria, ou seja, cenários nos quais os estudantes pudessem *pensar-com-tecnologias*, propusemos a eles utilizar a Internet para explorar um objeto de aprendizagem e explorar imagens e vídeos (ver Figura 3). Os estudantes-com-Internet exploraram um objeto virtual criado por Gadanidis e Jardine (2005) (www.edu.uwo.ca/mpp/Quadratics/index.html) e vídeos sobre simetria no YouTube. Com o objeto virtual os estudantes puderam manipular uma barra virtual que alterava a medida da base de uma representação de um retângulo, mantendo o perímetro inalterado (neste caso, 18 metros). Ao movimentarem esta barra, os estudantes podiam visualizar (a) representações do “mesmo retângulo” em vários formatos; (b) as várias medidas de largura, comprimento, e área e (c) o movimento de uma parábola com concavidade para baixo em um gráfico com as variáveis área e comprimento, com ponto de máximo (4,5, 20,25). O objeto também apresenta vídeos nos quais uma matemática discute o problema em profundidade. No entanto, os estudantes não exploraram os vídeos devido ao fato dele ser apresentado em língua inglesa.



A partir de palavras-chave como “simetria”, “simetria natureza” e “matemática natureza” os estudantes pesquisaram alguns vídeos disponíveis no YouTube. Dentre os assuntos mais discutidos pelos estudantes esteve várias noções envolvendo a sequência de Fibonacci. Eles puderam visualizar simulações computacionais diversas envolvendo razão áurea. Um dos estudantes comentou que gostaria de explorar a sequência de Fibonacci na performance o que mais uma vez corrobora com nossa perspectiva de que é pedagogicamente importante realizar inicialmente a investigação matemática de modo mais profundo e, posteriormente a criação da performance.

O processo de edição foi liderado pelo cineasta João Paulo, mas buscamos proporcionar um contexto de edição colaborativa. Utilizamos um projetor multimídia para projetar em uma tela a imagem do monitor do computador o qual conduzíamos a edição. Dessa forma, todos os participantes podiam visualizar o processo de edição e expressar suas opiniões a qualquer momento. O processo de edição de vídeos para a criação de PMDs é um processo de *pensar-com-tecnologias* (SCUCUGLIA; BORBA, 2007). É um processo no qual estudantes-e-professores-com-computadores formam um coletivo pensante que busca criar uma história baseada em sequências de imagens que apresentam um ou vários sentidos matemáticos.

Além disso, ao se editar um vídeo, trabalha-se com uma “linha do tempo” a qual pode envolver tipos de raciocínios baseados na sobreposição e sincronia de sons e imagens diversas. Inicialmente os estudantes acompanharam o processo de seleção e recorte dos melhores takes filmados no dia anterior. Algumas vezes, quando tínhamos dois takes diferentes, mas “bons” os estudantes decidiam qual deles era o melhor em suas opiniões. Os estudantes também perguntaram algumas questões sobre o design do software de edição que estávamos usando. Eles quiseram saber o porquê tínhamos mais de uma faixa de edição e por que visualizávamos duas telas. João Paulo esclareceu: “Nós podemos adicionar várias linhas, tanto para o vídeo como para o som. [Depende do tipo de edição que queremos realizar, pode-se sobrepor vídeos e sons]. Aqui [apontando para as telas de edição] são os dois monitores que estaremos sempre conferindo. O do lado direito é como o vídeo está ficando. O que temos na linha do tempo. Aqui do lado esquerdo é quando você seleciona um arquivo específico [que poderá ser utilizado ou não]”. Em determinado momento perguntamos aos estudantes que trilha sonora eles gostariam de inserir no vídeo. Um dos estudantes perguntou se eles poderiam criar a própria música. Imediatamente apreciamos a ideia e um dos estudantes buscou o violão de propriedade da escola. Os estudantes (aproximadamente cinco) começaram a tocar o violão e cantar algumas músicas do gênero pop-rock nacional. Propusemos a eles que tentassem criar uma música própria que falasse sobre matemática (sobre as ideias exploradas na performance) ou que então fizessem uma paródia de umas das músicas que eles estavam tocando. Os estudantes concordaram em criar uma letra sobre matemática para a melodia da

música cedo ou tarde da banda NX-Zero. Um dos alunos disse: “eu acho que cedo ou tarde matemática fica bem da hora”. Os outros estudantes acharam engraçada a proposta, mas a admiraram. O seguinte diálogo explicita o momento de criação da música:

***Ricardo:** Nós podemos fazer apenas uma parte da melodia de cedo ou tarde, e na hora do refrão a gente canta. Só o refrão será mais fácil. Mas temos que pensar na letra. Cedo ou tarde a gente vai... Ou cedo ou tarde alguma coisa relacionada com a matemática.*

***João Paulo:** Cedo ou tarde... pessoal, vamos ajudar.*

***Ricardo:** Que tal cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar?*

***Estudante:** Como é professor?*

***Ricardo:** Cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar.*

***Estudante:** Pega um papel e vamos anotar já.*

[Os estudantes começam a tocar e cantar]: Cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar. [Um dos estudantes faz um gesto com as mão indicando a necessidade de uma continuação para a letra].

***Estudante [cantando]:** Tenho certeza que vou encontrar.*

[Os estudantes começam a tocar e cantar]: Cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar, tenho certeza... [Os estudantes fazem sinal de negação com a cabeça].

[Os estudantes começam a tocar e cantar]: Tenho certeza que isso pode me ajudar.

***Estudante:** Ai, ficou melhor. Tenho certeza que isso pode me ajudar.*

***João Paulo:** Então o título pode mesmo ser cedo ou tarde matemática.*

***Estudante:** Como ficou a letra então?*

***Estudante:** Cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar, tenho certeza que isso pode me ajudar.*

8. Cedo ou tarde matemática: analisando a performance matemática digital dos estudantes

A PMD intitulada *cedo ou tarde matemática* foi submetida e publicada no site do *Math Performance Festival* em 2009 e está disponível em <http://www.edu.uwo.ca/mpc/mpf2010/mpf2010-114.html>. A seguir, analisamos esta PMD com base em um modelo analítico que está sendo proposto por Scucuglia (no prelo). Esse modelo é baseado nas ideias de Boorstin (1990), e é formado por cinco categorias que se sobrepõem: (a) descrição; (b) surpresas; (c) raciocínio; (d) emoções; e (e) sensações.

8.1 Descrição

Nesta PMD, em formato de vídeo, estudantes apresentam uma performance cênica para discutir relações entre matemática e seus cotidianos. A história pode ser descrita da seguinte forma: A professora aparece frente à sala. Os estudantes abrem a porta, entram na sala e sentam em suas carteiras. A

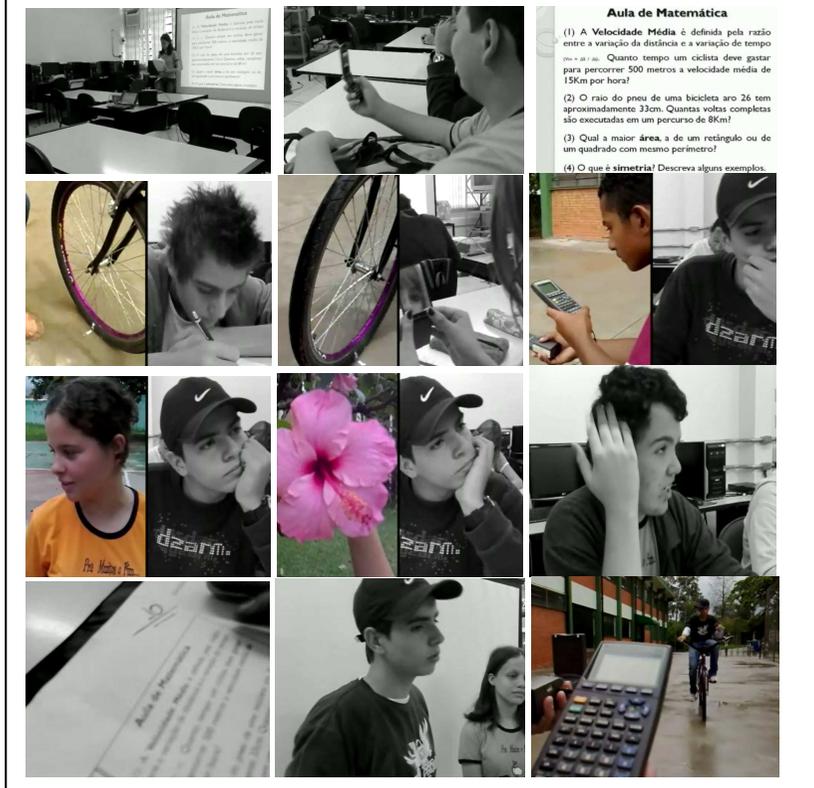
professora diz: “Bom dia alunos! Hoje é dia de prova. E eu espero que vocês tenham estudado”. Um aluno começa a utilizar seu telefone celular. “E mocinho, Não pode celular na sala! Vamos todos ficar quietos e vamos começar a prova” diz a professora. É exibida uma imagem com as questões da prova (ver Figuras). Em uma “tela dividida”, de um lado direito, mostra-se os estudantes refletindo e resolvendo as questões da prova em sala de aula. Do lado esquerdo, mostram-se os estudantes realizando experiências fora da sala de aula. Pode-se ouvir uma música na qual os estudantes cantam: “Cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar. Tenho certeza que isso pode me ajudar”.

A primeira experiência exibe um aluno andando de bicicleta. Os alunos fazem uma marcação com giz no pneu e no chão no ponto de partida e outra marcação no chão no ponto de chegada. Mostra-se um estudante coletando dados com a calculadora gráfica conectada a um sensor CBR. A segunda experiência exibe uma estudante em uma quadra poliesportiva. Ela diz: “com parábolas, sei que a área do quadrado é maior que a do retângulo. A terceira experiência exibe uma aluna tocando uma flor em uma árvore e dizendo: “a simetria está por toda natureza”.

A seguinte legenda é exibida: “no dia seguinte...” Um aluno pergunta “professora, você já tem o resultado da prova?” A professora responde: “Sim. Eu já corriji e já vou entregar a todos vocês”. A professora entrega as provas corrigidas aos estudantes. É exibida a nota de um dos alunos: 10. Ele mostra a nota a seu colega ao lado. O colega levanta uma das mãos e diz: “Professora”. Ela diz: “Sim, Joel”. Ele pergunta: “Alguém mais tirou dez?” A professora responde: “Não, foi só Hedinan. Hedinan, explica para a sala como você chegou aos resultados”. Hedinan vai até a frente da sala e diz: “Olha professora, foi muito simples. Eu pensei no cotidiano, no nosso dia a dia. Por exemplo...” É então exibida uma imagem do estudante Hedinan andando de bicicleta, na qual outro estudante coleta dados do movimento realizado com a calculadora gráfica e o sensor CBR. A cena é exibida novamente sob o som da música “Cedo ou tarde a gente vai relacionar a matemática em todo lugar. Tenho certeza que isso pode me ajudar”.

O créditos são exibidos. A seguir, as imagens da PMD são exibidas (Figuras 4a-4l):

Figuras 4a-4l: A PMD “cedo ou tarde matemática”



8.2 Surpresas

A PMD oferece alguns *insights* para que a audiência veja o belo e maravilhoso em matemática. Do ponto de vista pedagógico, o fato de estudantes estarem representando e comunicando suas ideias matemáticas coletivamente através do uso de registros em vídeos e de uma performance artística não é típico e pode oferecer surpresas tanto à alunos quanto à professores. Usualmente, estudantes utilizam somente a escrita e textos impressos para comunicarem suas ideias e, na maioria das vezes, isso acontece individualmente. Além disso, o uso de calculadoras gráficas e sensores não é um tipo de “experiência rara” na qual estudantes podem se engajar. A noção de simetria está diretamente associada à noção de estética e beleza em matemática, o que pode também ser interpretado como algo surpreendente por algumas audiências. A conexão entre ideias e situações cotidianas diversas também pode oferecer surpresas à audiência. No problema da bicicleta, por exemplo, visa-se uma conexão entre física, geometria, medidas e funções envolvendo múltiplas

REMATEC, Natal (RN) Ano 7, n.11/ Jul-Dez, 2012

representações. No problema da quadra, há também uma conexão entre geometria e funções ao se relacionar a noção de área com parábolas. Nesse sentido, ao explorar conexões entre várias ideias, conceitos e representações, consideramos que esta PMD oferece *surpresas matemáticas conceituais* a audiência.

8.3 Raciocínio

A PMD não oferece profundas explicações sobre as ideias abordadas. Ideias interessantes são mencionadas, mas a exploração não é profunda. Suportar as ideias com explicações e exemplos é um dos grandes desafios na criação de PMDs. Dois fatores podem ser discutidos. (1) PMDs são consideravelmente curtas. Cedo ou tarde matemática, por exemplo, tem apenas três minutos. É uma tarefa bastante difícil explorar várias ideias conceituais de maneira profunda em apenas 3 minutos, embora não seja impossível. Aliás, o caráter multimodal de uma PMD pode ajudar muito na explicação visual de conceitos matemáticos, que é parte fundamental do pensamento de raciocínio matemático. (2) Existe certa tensão entre a objetividade do pensamento matemático e a subjetividade emergente com as artes. Encontrar um equilíbrio entre estes aspectos é também um desafio ao se buscar explicitar as ideias de modo claro, conciso e ao mesmo tempo de modo artístico para a audiência.

Do ponto de vista da multimodalidade (KRESS, 2003), todos os designs de modalidades (NEW LONDON GROUP, 1996) são explorados. O design linguístico refere-se principalmente a utilização da linguagem escrita e linguagem falada. O design visual é fundamental para a visualização de representações criadas pelos estudantes (escrita, ações e gestos) bem como a realização dos experimentos. O design gestual é fundamental para os significados que emergem a partir dos movimentos que os estudantes realizam com suas mãos e a cabeça, incluindo o olhar a uma região específica e o uso do celular e da calculadora gráfica. O design aural oferece à audiência a oportunidade em ouvir os estudantes falando, batendo à porta da sala e ouvir a música criadas por eles. O design espacial oferece *insights* sobre o design físico da sala de aula (estudantes resolvendo provas individualmente) e sobre a natureza dos experimentos fora de sala de aula (o percurso com a bicicleta ou a forma como os estudantes estão conduzindo experiências matemáticas colaborativamente).

Alguns dos *insights* propostos na PMD podem ser agora discutidos. Na prova, as questões (1) e (2) referem-se ao problema da bicicleta. Ambos os problemas podem ser resolvidos apenas algebricamente. Mas assume-se a perspectiva de que realizar um experimento pode tornar o aprendizado “mais significativo”. A realização de experimentos além de servir como uma comprovação empírica oferece a oportunidade que novos *insights* e representações surjam, propiciando modos de se reorganizar o pensamento e produzir novos conhecimentos. Algebricamente, o problema (1) pode ser

resolvido com uma regra de três simples: 15.000 metros está para 60 minutos, assim como 500 metros está para x . Temos então $x = 2$ minutos. O problema (2) pode ser resolvido calculando-se inicialmente o comprimento da circunferência que representa o pneu da bicicleta: $2 \cdot \pi \cdot r \approx 2 \cdot (3.1415) \cdot 0,33 \approx 2,07\text{m}$. Como o percurso total tem 8.000 metros, temos $8.000/2,07 \approx 3.864$ voltas. No experimento mostrado na PMD, um estudante marca o pneu da bicicleta com um giz e o chão no ponto de partida. Ele marca também o chão no ponto de chegada baseado no ponto marcado no pneu. Em seguida, aparece a imagem do estudante com a calculadora gráfica e sensor, o que sugere que ele está coletando os dados. Esse experimento sugere que os estudantes estão de alguma forma relacionando os dados coletados com a calculadora gráfica com a distância percorrida pela bicicleta e com o comprimento da circunferência que representa o pneu da bicicleta. Mas não há explicação matemática sobre como esta relação está sendo explorada. Então, os experimentos exibidos no vídeo não mostram como resolver os problemas da prova. Eles apenas sugerem que o problema da bicicleta pode ser abordado empiricamente com uma calculadora gráfica, mas neles não explicitam como.

O problema poderia ter sido abordado explicitando o modo como os estudantes interpretaram as informações coletadas com a calculadora gráfica. Como estudantes interpretam o gráfico da distância pelo tempo e sua conexão com o fenômeno físico observado. Esse tipo de exploração poderia oferecer maiores explicações a audiência, visando uma conexão entre representações: entre um gráfico e um fenômeno físico. Esse tipo de exploração poderia enfatizar o uso da tecnologia na produção de conhecimentos matemáticos, evidenciando a forma como estudantes-com-calculadoras-gráficas formam um coletivo pensante (BORBA; SHEFFER, 2004). Neste contexto, o design gestual em termos de multimodalidade (NEW LONDON GROUP, 1996) é fundamental para o pensamento matemático, pois enfatiza-se uma coordenação entre um movimento (andar de bicicleta ou movimentar o sensor com a calculadora gráfica) e sua respectiva representação matemática.

O problema da área é também bastante interessante, mas há certa incoerência em sua abordagem na PMD. Primeiramente, consideramos que o link entre o problema explorado e a realidade referente ao “futebol” não é consideravelmente intenso. Outras questões poderiam ser exploradas visando uma conexão mais significativa entre o problema e a realidade. Quando estudantes jogam futebol eles não pensam direta e necessariamente na otimização da área de um retângulo. Um problema que poderia ter sido explorado seria a relação proporcional entre as medidas oficiais de um campo de futsal e as dimensões da quadra da escola onde a performance foi conduzida. Outro aspecto a ser discutido refere-se ao enunciado do problema exibido questão de prova: “qual a maior área, a de um retângulo ou de um quadrado com mesmo perímetro?” e ao que a estudante diz durante o experimento: “com parábolas, sei que a área do quadrado é maior que a do retângulo” Observamos

que há certa incoerência conceitual nestes enunciados, pois um quadrado é um caso especial de retângulo. Um modo mais adequado de se propor o mesmo problema poderia ser: “Considere um retângulo cuja a medida de seu perímetro é constante. Sob que condições este retângulo têm área máxima?” E uma resposta: “quando o retângulo for um quadrado”. É interessante o fato de que no experimento a estudante aparece olhando ao seu redor em uma quadra, visualizando representações de retângulos e dizendo que *com parábolas* ela sabe que a área do quadrado é maior que a do retângulo”. Isso sugere certa relação com a realidade e *insights* sobre questões matemáticas.

Consideremos um retângulo cuja a medida da base é x e da altura y . O perímetro (P) é então $P = 2x + 2y$ e a área (A) é $A = x \cdot y$. Neste caso, $2y = P - 2x \Rightarrow y = (P - 2x)/2$. Logo, $A = x \cdot [(P - 2x)/2] \Rightarrow A = -x^2 + x \cdot P/2$. Temos então uma função quadrática que representa a variação do valor da área do retângulo em função da base x . Como o coeficiente do termo x^2 é negativo, sabemos que a parábola que representa esta função tem concavidade volta para baixo, assumindo um ponto de máximo. Pelo teste da derivada primeira, $A' = -2x + P/2$. Buscando-se a raiz desta equação temos: $-2x + P/2 = 0 \Rightarrow P/2 = 2x \Rightarrow P = 4x$. Fazendo a substituição na fórmula do perímetro temos: $4x = 2x + 2y \Rightarrow 2x = 2y \Rightarrow x = y$. Ou seja, quando $x = y$, o retângulo é um caso especial, no qual é um quadrado.

Como mencionado anteriormente, enfatizamos o fato de que esse problema pode ser explorado visualmente a partir de um objeto virtual de aprendizagem que explora a representação da variação da área de um retângulo (e outros parâmetros) e sua relação com a variação de uma função quadrática. O design do objeto criado por Gadani e Jardine (2005) é baseado na utilização da língua inglesa, mas mesmo assim permite que estudantes brasileiros possam explorar os aspectos visuais mais fundamentais para experimentação.

Dentre alguns objetos em português que exploram este problema, indicamos o disponível em <http://www.im.ufrj.br/dmm/projeto/projetoc/precalculo/sala/conteudo/capitulos/parab10.html> (ver Figura 5).

Finalmente, consideramos que a ideia sobre simetria explorada pelos estudantes na PMD poderia ter sido discutida com base em maiores explicações. Os estudantes poderiam ter discutido que tipo de simetria eles estavam observando na flor (neste caso, uma simetria de reflexão axial) e eles poderiam explicitar quais seriam os eixos de simetria naquele caso. A Figura 6 mostra uma representação dos cinco eixos de simetria que poderiam ser explorados na PMD.

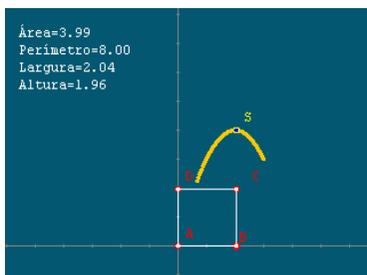
Figura 6: Eixos de simetria que poderiam ter sido explorados na PMD



8.4 Emoções

A PMD explora emoções que estudantes têm em seu dia a dia em sala de aula, incluindo a “tensão” ao resolver uma prova e a satisfação ou a frustração mediante seu desempenho em teste. Na PMD, os alunos se mostram ansiosos em saber a nota na prova. “Professora, você já tem o resultado da prova?” Os alunos também demonstram certa inquietação entre suas notas e as notas dos colegas: “Alguém mais tirou dez?” A PMD mostra ainda que estudantes querem utilizar seus telefones celulares em sala de aula, mas não são permitidos. Muitas vezes, a utilização visa interações sociais que não são diretamente associadas à questões escolares. Mas esse artigo explicita um exemplo o qual estudantes podem utilizar seus telefones como meio para representarem e comunicarem suas ideias matemáticas. A PMD também mostra que estudantes se “destraem” com questões em sala de aula relacionadas, por exemplo, com sua aparência. Isso é explorado quando a estudante fica se admirando em seu espelho portátil durante o momento de resolução da prova.

Figura 5: Um objeto virtual de aprendizagem em português para a exploração do problema da área



Todas estas questões sobre a realidade que os estudantes vivem em sala de aula e que envolvem emoções foram propostas pelos próprios estudantes no design do *script* da PMD. A utilização de música é bastante importante para oferecer emoções à audiência (BOORSTIN, 1990). A música criada pelos estudantes merece destaque nesta PMD, pois além da letra estar relacionada ao tema da performance, o momento em que ela foi utilizada pode oferecer emoções a audiência. A melodia da música escolhida (uma paródia da música cedo ou tarde da banda de pop-rock NX-Zero), é também pertinente no contexto que visa explorar momentos de emoções em uma história. Boorstin (1990) ainda enfatiza que as emoções emergem quando nós sentimos exatamente o mesmo que os atores estão sentindo naquele momento. Por isso, *close-up* sobre os rostos dos atores, no qual vemos que suas expressões faciais potencializam os sentimentos que podemos sentir de forma vicária.

8.5 Sensações

Sensações neste contexto não dizem respeito ao processo em que a audiência sente o que os atores estão sentindo, mas sentem suas próprias sensações. Dois aspectos podem então ser discutidos nesta PMD. Um, com relação à noção de experiência direta e ação explorada na história. Cenas de ações geralmente oferecem esse tipo de sensação. Isso pode emergir quando os estudantes estão andando de bicicleta ou coletando seus próprios dados a partir de dados “reais”. Outro aspecto, diz respeito a noção de estética e “encaixe”. Sinclair (2001) fala sobre um sentido de “encaixe matemático” enquanto uma sensação estética, uma sensação de beleza matemática. A autora diz que a estética “é parcialmente sobre os padrões ou relações exigente, sobre como as coisas se relacionam entre si e como elas parecem se encaixar. Quando experimentamos coisas se encaixando, elas muitas vezes são lindas para nós, e muitas vezes elas nos trazem uma sensação de prazer” (p. 4). Sinclair (2006) acrescenta que “a fase do brincar ou sentir algo sobre é estética no mesmo sentido em que um matemático desenvolve um área de exploração, buscando qualitativamente encaixar as coisas buscando padrões que se conectam e integram” (p. 95). “Os matemáticos podem ser atraídos pelo apelo visual de certas entidades matemáticas, pela percepção estética de alguns atributos como a simplicidade e ordem ou por algum senso de ‘encaixe’ que se aplica a toda uma estrutura” (p. 99). A PMD aqui analisada explora a noção de que a matemática “se encaixa no mundo” e, principalmente, que padrões podem ser vistos na natureza. As noções de modelagem matemática, em específico a noção de simetria, são noções extremamente viscerais dentro da perspectiva de cinema e estética que estamos assumindo.

9. Compartilhando a PMD

Além de publicar a PMD no *Math + Science Performance Festival*, nós organizamos um festival na escola para a exibição pública da performance (ver

Figura 7a-7b). Participaram cerca de 400 alunos do ensino fundamental, professores, administradores, funcionários e alguns pais de estudantes. A exibição pública de PMD, seja através de ambientes virtuais ou em festivais nas escolas, ajuda a trazer as ideias matemáticas dos estudantes à fóruns públicos, onde elas pode ser compartilhadas e criticadas, oferecendo a oportunidade para o desenvolvimento contínuo de conhecimento e entendimento dentro de uma comunidade pedagógica (GADANIDIS; GEIGER, 2010). A noção de performance matemática oferece meios para (a) a aprendizagem dos alunos com a tecnologia, (b) compartilhar ideias matemáticas além das salas de aula (GADANIDIS; GEROFISKY; HUGHES, 2008).

Figura 7a-7b: Festival realizado na escolar para a apresentação pública da PMD.



10. A imagem da matemática para os estudantes

É interessante notar que durante a criação do *script* os estudantes também enfatizaram o fato de quererem intencionalmente explicitar a imagem do professor de matemática de modo a atribuir às suas características profissionais adjetivos como “seco” ou “restrito”. A forma como a professora dialoga com os estudantes em sala de aula na PMD pode ser interpretada pela audiência como uma posição “séria” ou mesmo “autoritária”, embora ela dê vozes aos alunos em sala de aula. Alguns estudos como o de Picker e Berry (2000) exploram a forma (negativa) como os estudantes vêem seus professores de matemática. Gadanidis e Scucuglia (2010) exploram algumas formas de como a noção de PMD pode romper com alguns esteriótipos negativos que as pessoas têm acerca dos matemáticos. Além disso, a noção de PMD pode contribuir para que estudantes passem a ver suas experiências com a matemática como algo prazeroso, estético e humano. PMD pode contribuir para a mudança da imagem pública da matemática enquanto uma ciência fria e negativa. Em uma das entrevistas realizadas com os estudantes após as sessões, um dos estudantes que atuou na PMD expressou:

Eu gostei muito do vídeo. Foi diferente porque eu não gostava muito de matemática. Matemática não era muito legal para mim. Mas quando fizemos o vídeo, um sentimento diferente sobre a matemática surgiu,

porque vimos a matemática em nosso dia a dia de um modo diferente, andando de bicicleta ou jogando futebol ... As artes e a matemática juntos mudam qualquer ponto de vista, porque a arte é algo diferente. A matemática é sempre a mesma, mas quando colocamos as duas juntas, as duas são diferentes. Eu comecei a gostar de matemática, tanto quanto eu gosto das artes. Matemática tornou-se algo diferente.

11. Comentários Finais

Neste artigo exploramos a noção de PMD e descrevemos algumas atividades nas quais buscamos envolver estudantes do ensino fundamental na criação de um vídeo no qual alguns *insights* sobre possíveis *links* entre matemática e situações cotidianas foram exploradas. Buscamos enfatizar alguns pontos importantes do ponto de vista pedagógico no processo de criação de uma PMD, incluindo a interlocução entre matemática e artes, a utilização de tecnologias digitais, a possibilidade em se compartilhar ideias matemáticas publicamente e de estudantes romperem alguns estereótipos negativos acerca de suas experiências sobre matemática ou sobre a própria matemática. As atividades discutidas no artigo ilustram situações nas quais estudantes, professores (e outros adultos) e tecnologias digitais formaram um coletivo pensante na criação de uma PMD. O diálogo e a colaboração envolvendo investigação matemática, experimentação com tecnologias e atividades artísticas são características fundamentais para a formação de seres-humanos-com-PMD.

Em contraste, buscamos também apontar algumas questões sobre como tais atividades nos fizeram refletir e reorganizar nosso posicionamento pedagógico em atividades atuais e futuras. Consideramos que a investigação matemática previamente a criação da performance é fundamental para sua “qualidade matemática”. Também fomos críticos ao aspecto “raciocínio” na análise da PMD. Alguns *insights* sobre *links* entre matemática e cotidiano são explorados na PMD, mas não são explicados de modo significativo. Mesmo assumindo-se certa “tensão” entre a objetividade do pensamento matemático e a subjetividade emergente com as artes, acreditamos que seja possível oferecer à audiência argumentos que sejam ao mesmo tempo matematicamente rigorosos e artísticos, principalmente explorando conexões entre múltiplas representações e múltiplos modos de comunicação. Finalmente, consideramos que a lente teórico-medodológica aqui apresentada, baseada principalmente nas categorias sobre cinema de Boorstin (1990), tem se mostrado pertinente para a análise artístico-matemática de PMDs.

Agradecimentos

Agradecemos ao *Social Sciences and Humanities Council of Canada* (SSHRC) pelo apoio ao projeto *Students as Performance Mathematicians*.

Referências

- ABDONOUR, O. J. *Matemática e Música. O pensamento analógico na construção de significados*. Sao Paulo, Brazil: Escrituras Editora, 2002.
- BANCHOFF, T.; CERVONE, D. P. Surfaces beyond the Third Dimension. *Communications in Visual Math*, 1(1). Acessado em dezembro de 2010: <http://www.maa.org/cvm//1998/01/sbtd/welcome.html>, 1998.
- BOORSTIN, J. *The Hollywood Eye. What makes movies work*. New York: Cornelia & Michael Bessie Books, 1990.
- BORBA, M.; SCHEFFER, N. Coordination of multiple representations and body awareness. *Educational Studies in Mathematics*, 57(3), Video Papers (on CD), 2004.
- BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*. New York: Springer, 2005.
- BRASIL. *Leis de diretrizes e bases da educação Nacional*. Brasília: MEC/SEF, 1996.
- COBB, P. Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, 23(7), 13-20, 1994.
- DOCKSAI, R. Teens and Cell Phones. *The Futurist*. January-February 2009, pp. 10-11, 2009.
- ERNEST, P. Postmodernism and the Subject of Mathematics. In M., Walshaw (Ed.) *Mathematics Education within the Postmodern*, (pp. 15-33). Greenwich, CT: Information Age Publishing, 2004.
- FLOYD, J. *Das Überraschende: Wittgenstein on the Surprising in Mathematics*. *Bolema*, 24(38), 127-170, 2011.
- FURINGHETTI, F. Images of Mathematics Outside the Community of Mathematicians: Evidence and Explanations. *For the Learning of Mathematics*, v.12, n.2, p.33-38, 1993.
- GADANIDIS, G.; JARDINE, R. *Mathematics Preparedness Program: Quadratic Functions*. (<http://www.edu.uwo.ca/mpp/Quadratics/index.html>), 2005.
- GADANIDIS, G.; BORBA, M. C. Our lives as performance mathematicians. *For the Learning of Mathematics*, 28(1), 44-51, 2008.
- GADANIDIS, G.; BORBA, M. C.; GEROFSKY, S.; JARDINE, R. *Math Performance Festival*. (www.mathfest.ca), 2008.
- GADANIDIS, G.; HUGHES, J.; SCUCUGLIA, R.; TOLLEY, S. Low floor, high ceiling: performing mathematics across grades 2-8. In Swars, S. L., Stinson, D. W., & Lemons-Smith, S. (Eds.). *Proceedings of the 31st annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Atlanta, GA: Georgia State University, 2009.

- GADANIDIS, G.; SCUCUGLIA, R. Windows into elementary mathematics: alternate mathematics images of mathematics and mathematicians *Acta Scientiae*, 12(1), 24-42, 2010.
- GADANIDIS, G.; GEIGER, V. A social perspective on technology enhanced mathematical learning - from collaboration to performance. *The International Journal on Mathematics Education*, 42, 91-104, 2010.
- GADANIDIS, G.; GEROFISKY, S.; HUGHES, J. A celebration of mathematics. *Ontario Mathematics Gazette*, 47(1), 13-20, 2008.
- GERDES, P. *Da etnomatemática a arte-design e matrizes cíclicas*. Belo Horizonte : Autêntica, 2010.
- GEROFISKY, S. Performance Space & Time. In Gadanidis, G. & C. Hoogland (Eds.) *Digital Mathematical Performance - Proceedings of a Fields Institute Symposium*, 2006.
- GOOS, M.; GALBRAITH, P.; RENSHAW, P.; GEIGER, V. Reshaping teacher and student roles in technology-enriched classrooms. *Mathematics Education Research Journal*, 12(3), 303-320, 2000.
- HEYDON, R. A case study of a multimodal semiotic chain in an intergenerational art class. *Journal of Early Childhood Research*, 2010.
- KRESS, G. *Literacy in the New Media Age*. London: Routledge, 2003.
- LIBRERO, F.; RAMOS, A. J.; RANGA, A. I.; TRIÑONA, J.; LAMBERT, D. Uses of the Cell Phone for Education in the Philippines and Mongolia. *Distance Education*, Vol. 28, No. 2, August 2007, pp. 231-244, 2007.
- LÉVY, P. *Tecnologias da Inteligência: O futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro, Brazil: Editora 34, 1993.
- LÉVY, P. *Becoming Virtual: Reality in the Digital Age*. New York: Plenum Press, 1998.
- LIM, C. S.; ERNEST, P. Public Images of Mathematics. *Philosophy of Mathematics Education*, v.11, 1999. Disponível em <<http://www.people.ex.ac.uk/~PERnest/pome11/art6.htm>>. Acesso em: 26 mar. 2010.
- NEW LONDON GROUP. A pedagogy of multiliteracies: Designing social futures. *Harvard Educational Review*, 66(1), 60-92, 1996.
- ONTARIO. *The Ontario Curriculum Grades 1-8 Mathematics*. Canada, 2005.
- PAHL, K.; ROWSELL, J. *Literacy and Education. Understanding the New Literacy Studies in the Classroom*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2005.
- PICKER, S.; BERRY, J. Investigating Pupils Images of Mathematicians. *Educational Studies in Mathematics*, v.43, n.1, p.65-94, 2000.
- POWELL, A. B.; FRANCISCO, J.; MAHER, C. Uma abordagem à análise de REMATEC, Natal (RN) Ano 7, n.11/ Jul-Dez, 2012

dados de vídeo para investigar o desenvolvimento das ideias matemáticas e do raciocínio de estudantes. *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática*, **21**, 81–140, 2004

PURSELL, D. P. Adapting to Student Learning Styles: Engaging Students with Cell Phone Technology in Organic Chemistry Instruction. *Journal of Chemical Education*. Vol. 86 (10). October 2009. pp. 1219-1222, 2009.

SCHAAF, W. *Mathematics: Our Great Heritage* (essays on the nature and significance of mathematics), New York, NY, Harper and Brothers, 1948.

SCUCUGLIA, R.; BORBA, M. Performance Matemática Digital: criando narrativas digitais em Educação Matemática. *Anais do IX ENEM*. Belo Horizonte, Brazil: SBEM, 2007.

SINCLAIR, N. The aesthetic is relevant. *For the Learning of Mathematics*, **21**(1). 25-32, 2001.

SINCLAIR, N. The Aesthetics of Sensibilities of Mathematics. In: Sinclair, N., Pimm, D. & Higginson, W. (Eds). *Mathematics and the aesthetic: Modern approaches to an ancient affinity*. NY: Springer-Verlag, 2006.

SINCLAIR, N.; PIMM, D.; HIGGINSON, W. (Eds). *Mathematics and the aesthetic: Modern approaches to an ancient affinity*. NY: Springer-Verlag, 2006.

STAKE, R. Case studies. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Strategies of qualitative inquiry* (2nd Ed.) (pp. 134 - 164). Thousand Oaks, CA: Sage, 2003.

YIN, R. K. Case study methods. In J. L. Green, G. Camilli, & P. B. Moore (Eds.) *Handbook of complementary methods in educational research* (pp. 279-298). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2006.

WATSON, A.; MASON, J. Surprise and Inspiration. *Mathematics Teaching Incorporating Micromath*. **200**(1). 4-7, 2007.

Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva

Faculty of Education – Western – London, Ontario - Canada

E-mail: scucugliaricardo@gmail.com

Marcelo de Carvalho Borba

Universidade Estadual Paulista – UNESP/Rio Claro, SP - Brasil

E-mail: mborba@rc.unesp.br

George Gadanidis

Faculty of Education – Western – London, Ontario - Canada

E-mail: ggadanid@uwo.ca