

ALGO+RITMO: Uma Proposta Desplugada com a Música para Auxiliar no Desenvolvimento do Pensamento Computacional

Victor Luan Silva¹, Heleniara Amorin Moura¹, Suelen Mapa de Paula¹, Ângelo Magno de Jesus¹

¹Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Ouro Branco
R. Afonso Sardinha, 90, Ouro Branco - MG, 36420-000

victorluansilva@gmail.com, heleniara.moura@ifmg.edu.br,
suelen.mapa@ifmg.edu.br, angelo.jesus@ifmg.edu.br

Abstract. *Computational Thinking (CT) is recognized as an important skill for problem solving and citizen formation for the information society. However, Brazilian schools have poor infrastructure to receive computer courses. This research proposes the use of music as an unplugged and playful didactic resource in order to aid the development of CT, to mobilize Computer Science concepts and, consequently, to motivate students to learn more about this field. This paper describes an intervention through music with 9th grade students aiming to work on Computer Science concepts and motivate these learners. The results, demonstrated through questionnaires and tests, show that the approach achieves its role.*

Resumo. *O Pensamento Computacional (PC) é reconhecido como uma importante habilidade para resolução de problemas e formação do cidadão para a sociedade da informação. Porém, as escolas brasileiras possuem condições precárias de infraestrutura para receberem cursos de computação. Esta pesquisa sugere a utilização da música como recurso didático desplugado e lúdico a fim de auxiliar o desenvolvimento do PC, trabalhar conceitos da computação e, conseqüentemente, motivar os alunos a aprenderem mais sobre essa área. Este artigo descreve uma intervenção por meio da música com alunos do 9º do ensino fundamental com o objetivo de trabalhar conceitos da computação e motivar estes estudantes. Os resultados, obtidos por meio de questionários e testes, apontaram que a abordagem pode cumprir seu papel.*

1. Introdução

A computação e a música são elementos que influenciam a vida de muitas pessoas. Tanto a música quanto a computação, possuem seus papéis específicos na sociedade e ambas podem se correlacionar. A computação musical, por exemplo, é uma forma de utilização da computação no processo de criação de sons e composição digital de músicas. Por outro lado, a música também pode influenciar a computação sendo usada, por exemplo, como recurso didático para ensino de conceitos desta ciência.

Segundo Brackmann (2017), a Ciência da Computação é um dos cursos que apresentam grande índice de desistência de alunos. Dentre as várias disciplinas que formam a grade de ensino desse curso, a programação é a que possui um maior número de conceitos abstratos e é onde se encontra um dos maiores índices de reprovação em

todas as instituições de ensino brasileiras [Pereira Júnior; Rapkiewicz, 2004]. Dunican, em um estudo com aprendizes irlandeses, aponta que uma das causas de tal cenário na educação está associada à falta de habilidade do raciocínio lógico e à baixa capacidade em resolução de problemas que não foram desenvolvidas nos alunos nos níveis fundamentais do ensino [Dunican, 2002].

Portanto, torna-se necessário pensar em formas de tornar o ensino de conceitos da programação, assim como de outras áreas abstratas da computação, mais claros e atrativos para alunos já inseridos nas aulas e para aqueles que virão. Além disso, faz-se necessário elencar novas abordagens no ensino da computação para os cursos superiores. Também é imprescindível que conceitos computacionais sejam introduzidos na base curricular das escolas desde a educação básica para melhorar a competência das crianças em resolver problemas. De acordo com Jeannette Wing (2006), tal necessidade é conhecida como Pensamento Computacional (PC), que é uma habilidade fundamental para todos, não somente para cientistas da computação. Para leitura, escrita e aritmética, deveríamos incluir o PC na habilidade analítica de todas as crianças.

Trabalhar a habilidade do PC, por meio do ensino da computação no currículo da educação básica, já é algo que acontece em países como Reino Unido, Finlândia e entre outros. Porém, no Brasil, essa área ainda não é considerada como disciplina obrigatória no currículo da educação básica. Além disso, as escolas públicas brasileiras, devido a dificuldades socioeconômicas, enfrentam sérios problemas de infraestrutura. Segundo dados do Anuário de Educação 2018, realizado pelo MEC (2018), no Brasil, 50,6% de escolas não possuem laboratórios de informática, em 40,7% não há acesso à internet e em 5% nem sequer existe energia elétrica. Sem esses recursos, torna-se impossível o ensino de conteúdos da computação por meio de softwares e demais recursos que necessitem do computador e internet. Essa realidade faz com que seja necessária a busca de meios alternativos de ensino, que não necessitem da utilização do computador ou de outros equipamentos eletrônicos. Na literatura, técnicas com essas características, são conhecidas como “atividades desplugadas ou pensamento computacional desplugado”. Brackmann (2017) recomenda as atividades “desplugadas”, como a melhor alternativa para o ensino de conceitos da computação e universalização do conhecimento para o cenário dessas escolas.

Diante desse cenário, cabe aos novos educadores explorar outros campos disciplinares, numa prática pedagógica criativa que se componha a partir de conhecimentos comuns aos alunos para o desenvolvimento de tais conceitos. Nesse sentido, um conhecimento comum que se pode citar é a música.

A música é um recurso que está amplamente presente na vida das pessoas e também é simples de ser reproduzida. Por exemplo, podemos fazer sua melodia por meio de canto ou de assovio, o seu ritmo por meio de palmas e sua harmonia através do conjunto de várias vozes. Além disso, a música pode ser uma atividade divertida que gera conhecimento, auxilia na expressão de sentimentos e facilita a concentração, apoiando assim o desenvolvimento do raciocínio e aprendizado de novos conceitos [Hummes, 2004]. Por tais motivos, principalmente o da música poder ser reproduzida sem a necessidade do meio computacional, ela se torna uma ferramenta importante para ser

utilizada no campo da computação desplugada, a fim de tornar o acesso à habilidade do pensamento computacional possível a um público maior.

Portanto, este trabalho tem como hipótese de pesquisa que a música auxilia no desenvolvimento das habilidades do Pensamento Computacional e no ensino e aprendizagem de disciplinas da área de computação, além de se adaptar ao contexto das escolas de infraestrutura precária. Sendo assim, para comprovar tal hipótese, esta pesquisa propõe o desenvolvimento de atividades desplugadas construídas a partir da música.

2. Trabalhos Relacionados

Muitos trabalhos interessantes têm sido propostos a respeito do desenvolvimento do PC por meio da Computação Desplugada. Medeiros et al. (2018) relatam uma experiência de aplicação de Computação Desplugada em uma turma do 6º ano de uma escola pública, com a utilização de analogias entre poemas e algoritmos. Reis et al. (2018) descrevem a aplicação da Computação Desplugada, para 162 alunos do ensino fundamental II, baseados pela teoria de aprendizagem colaborativa Peer Tutoring. Santos et al. (2015) apresentam atividades desplugadas realizadas em escolas públicas, para turmas do quinto ano do Ensino Fundamental. As atividades incluíram produção de origamis com algoritmos e desenvolvimento de algoritmos que solucionem problemas para o personagem Jack, o coelho. O trabalho proposto neste artigo se diferencia dos demais, por adotar a música como uma ferramenta de desenvolvimento do PC.

3. Materiais e Métodos

Após composição do referencial teórico, três atividades intituladas “Decifre o Ritmo”, “Algo+ritmo” e “Fluxo do Ritmo” foram desenvolvidas nesta pesquisa como proposta de intervenção. Tais atividades são formadas pela junção da música com conceitos introdutórios da disciplina de programação. Isso foi feito com a intenção de ensinar conceitos complexos e ao mesmo tempo desenvolver o PC. Optou-se por fazer as atividades a fim de que os alunos tivessem contato com os conceitos teóricos de forma prática podendo assim adquirir conhecimento entre si por meio de grupos, pois com base nas visões de Vygotsky [Fino 2001], por meio das interações sociais, o aluno aprende com mais eficiência [Sousa et al., 2010]. As atividades de Brackmann (2017) serviram de inspiração para atividades aqui desenvolvidas.

Todas as atividades a seguir foram elaboradas pelos autores deste estudo com a finalidade de demonstrar formas de integração da música com o ensino de conceitos e desenvolvimento do PC de forma desplugada.

Atividade 1: Decifre o Ritmo:

- Composição: a atividade possui duas folhas. A primeira com 15 pequenos cartões com números binários de quatro dígitos, que correspondem aos números decimais de 0 à 15, e a segunda folha com uma tabela para conversão de números binários para decimal com um exemplo de como ela deve ser feita.
- Função: ensinar conceitos de números binários e trabalhar as habilidades de abstração, decomposição e algoritmo;
- Instrução e objetivos da atividade:

Essa atividade pode ser realizada em dupla ou em grupo. Isso dependerá da quantidade e comportamento dos alunos.

No início da atividade, o professor deve entregar a primeira folha e pedir aos alunos para cortar e empilhar os cartões com os números binários e, em seguida, deve entregar para cada aluno ou dupla (ou grupo) os números decimais que são possíveis de serem formados ou encontrados com os cartões. Esses números não podem ser mostrados a outros alunos.

O professor deve ensinar aos alunos como fazer conversões de decimal para binário e de binário para decimal. Então, os alunos deveram converter para binário os números decimais que lhes foram dados. Com os zeros e uns dos números binários obtidos, os alunos deveram fazer um ritmo específico para demonstrá-lo. Por exemplo, para representar o número binário 1010_b , eles deverão bater palmas para representar o dígito 1 e estalar os dedos para representar o dígito zero (0). Podem ser entregues objetos como um copo de plástico ou uma caneta, por exemplo, para que os alunos escolham como fazer as batidas. Durante o processo, os alunos poderão utilizar uma folha de rascunho para escrever o número binário convertido, assim como as batidas que deverão fazer para representar os zeros e uns. Essa parte da atividade tem o objetivo de fazer com que o aluno exercite a habilidade de abstração, decomposição e algoritmo na ação de converter os números, entender e interpretar a forma como ritmo será tocado. Além disso, visa introduzir o conceito de números binários por meio de uma experiência lúdica e prática.

Cada aluno ou grupo, um por vez, deve pegar o rascunho feito com seu número binário e ir à frente da sala e apresentar o número com o ritmo. Enquanto isso, os outros alunos terão que o anotar e o converter para decimal para descobrir qual número representa. Todos os grupos devem ter os resultados escritos nas folhas e, ao final, tal folha deverá ser entregue ao professor. A intenção desse exercício é fazer o aluno trabalhar a habilidade de abstração durante o processo de ouvir a batida e distinguir os zeros e uns. O professor pode aproveitar este momento para comparar o procedimento com o conceito de entrada, processamento e saída de dados realizados por um sistema computacional.

Depois que todos os grupos tiverem apresentado, o professor deve fazer uma tabela no quadro com os números decimais e suas corretas representações em binário e assim corrigir o resultado junto com os alunos. Podem ser realizadas variações como, por exemplo, pedir aos alunos para demonstrar a idade deles em binário com o ritmo.

Atividade 2: Algo+ritmo

- Composição: a atividade é composta por duas folhas. A primeira possui um algoritmo em pseudocódigo com o nome de “Cup_Song_ritmo_base” e na segunda folha há outro pseudocódigo nominado de “Cup_Song_MusicaGeral”). Ambos os algoritmos são previamente escritos, porém com linhas em branco para serem completadas pelos alunos.

- Observação: essa atividade foi feita com a intenção de trabalhar a música Cup Song porque é uma música em que copos de plásticos são utilizados como o instrumento de percussão para realização de seu ritmo. O copo é um recurso facilmente acessível, por este motivo, essa canção foi escolhida. Mas, essa atividade não precisa se limitar a essa música, podendo também ter seu pseudocódigo adaptado a outras canções.
- Função: ensinar conceitos de algoritmo e suas estruturas. Trabalhar também as habilidades de reconhecimento de padrões e algoritmo;
- Instrução e objetivos da atividade:

Essa atividade também pode ser realizada em dupla ou em grupo entre os alunos.

Para esta prática é necessária a utilização de copos de plástico ou outro tipo de material que permita os alunos fazerem o ritmo.

Primeiramente, deve ser apresentada, por meio do vídeo, a música “*Anna Kendrick - Cups (Pitch Perfect’s “When I’m Gone”)*” – através de mídias ou por meio de um músico.

Após a apresentação da música e do ritmo, o professor deve discutir com os estudantes quais são as melhores estratégias e formas para aprendê-las. Esta ação tem como objetivo trabalhar com os alunos as habilidades de decomposição e de algoritmo, pois eles terão que dividir a música em etapas e descrever mentalmente os melhores meios para aprender. No final, o professor deve sugerir aos alunos que anotem o processo necessário para tocar a música aproveitando este momento para introduzir o conceito de algoritmo.

Nessa etapa, o professor entregará para os alunos a folha com o algoritmo “Cup_Song_ritmo_base” e, então, deverá auxiliá-los a completar os passos necessários para fazer o ritmo da música com o copo. Neste algoritmo é trabalhado o conceito de estrutura de repetição utilizando a estrutura “repita x até y” para fazer referência ao total de vezes em que uma sequência de batidas deve ocorrer na música. A habilidade de reconhecimento de padrões é trabalhada no processo de identificar demais músicas em que o ritmo descrito pode ser executado.

Após a escrita do algoritmo, os alunos devem executar os passos descritos. Nesse exercício, o aluno treina a habilidade de algoritmo através da execução e teste dos passos que ele mesmo escreveu.

Depois desse primeiro momento da atividade, o professor tocará novamente a música para que os alunos tentem acompanhar e consigam ter um domínio básico do ritmo.

Após isso, a segunda folha com o algoritmo “Cup_Song_MusicaGeral” deve ser entregue aos alunos e, novamente, o professor junto com os alunos deverão terminar de compor seu o pseudocódigo. A intenção aqui é trabalhar os conceitos da programação tais como variáveis, estrutura de repetição e estrutura de condição.

Por fim, o professor deve preparar algumas canções que possuem ritmos iguais e diferentes ao da música "Cup Song". Então, deve apresentá-las em ordem aleatória e pedir que eles tentem identificar quais são possíveis de aplicar o mesmo ritmo e quais não são. A finalidade desse exercício é trabalhar o reconhecimento de padrões, pois permite que os alunos percebam quais são as músicas nas quais o ritmo pode ser reaplicado.

Atividade 3: Fluxo do Ritmo

- Composição: a atividade é composta por uma folha. A folha é dividida em duas colunas e possui três partes específicas. A primeira e segunda parte é composta por linhas em branco, para composição de um algoritmo e de um poema, e a última parte com exemplos de fluxogramas.
- Função: ensinar o conceito de fluxograma e trabalhar as habilidades de decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e algoritmo.
- Instrução e objetivos da atividade:

Esta atividade também pode ser realizada em dupla ou em grupo.

Para esta prática também é fundamental o uso de copos de plástico.

Inicialmente, deverá ser entregue a folha e os copos para os alunos e, então, pedir a eles que desenvolvam um ritmo novo ou uma variação do ritmo original da música *Cup Song*, contendo até oito passos. A intenção é desenvolver a habilidade de decomposição e de algoritmo através da definição das partes do ritmo e da estruturação dos passos de forma descritiva na folha. Isto irá reforçar a aprendizagem do conceito de projeto de algoritmo.

Na próxima parte, os alunos devem fazer um poema de um verso com base em um tema considerado importante e que esteja interligado ao dia-a-dia deles. O objetivo nesse exercício é trabalhar a habilidade de abstração, fazendo com que no meio de várias palavras, frases e sentimentos, o aluno busque se expressar com base naquilo que condiz com o tema.

Após os passos anteriores, será feita a junção do ritmo e dos poemas para a composição de uma canção. Nesse processo, o professor irá pedir para que os alunos se reúnam e, então, juntos, unam seus ritmos e poemas para fazer um só ritmo e uma só música. O professor precisa monitorá-los para filtrar apenas aquilo que é mais importante e impactante, mas sem limitar a criatividade dos alunos. A intenção é praticar a habilidade de abstração. No final, os alunos deverão organizar o ritmo e a letra por meio do fluxograma e, finalmente, executar cada etapa. Isto é, tocar a música que eles criaram. O objetivo, nessa parte, é trabalhar todas as habilidades do pensamento computacional e exercitar o conceito de fluxogramas.

4. Coleta e Análise de Dados

A pesquisa ocorreu durante cinco dias, numa oficina que foi nomeada de "Algo+ritmo". Foi realizada no Colégio Municipal João XXIII na cidade de Ouro Branco – MG e contou

com o total de 25 alunos do 9º ano do ensino fundamental. Este número de estudantes foi obtido devido às limitações de disponibilidade de turmas e alunos na instituição de ensino em que a pesquisa foi conduzida.

Os alunos foram divididos em duas turmas A e B, as quais foram subdivididas em grupo de intervenção (GI) e grupo de controle (GC). Ficando da seguinte forma:

- Turma A: 14 alunos no total – turma do 9º ano do turno da tarde
 - Grupo Intervenção: 4 alunos (sexo masculino)
 - Grupo Controle: 10 alunos (sexo masculino e feminino)
- Turma B: 11 alunos no total – turma do 9º ano do turno da manhã
 - Grupo Intervenção: 3 alunas (sexo feminino)
 - Grupo Controle: 8 alunos (sexo masculino e feminino)

Para realização do experimento, as seguintes etapas foram aplicadas em ambas as turmas: (1) Aplicação do pré-teste do PC – GI e GC; (2) Aula 1 – Atividade Decifre o Ritmo – GI; (3) Aula 2 – Atividade Algo+ritmo – GI; (4) Aula 3 – Atividade Fluxo do ritmo – GI; e (5) Aplicação do pós-teste do pensamento computacional e questionário – GI e GC.

A Figura 1 ilustra a aplicação da atividade “Decifra o Ritmo” e a Figura 2 ilustra a aplicação da atividade "Fluxo do Ritmo".



Figura 1. Atividade “Decifra o Ritmo”



Figura 2. Atividade “Fluxo do Ritmo”

O instrumento avaliativo foi desenvolvido com a intenção de coletar dados sobre as quatro habilidades pilares do PC (abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos) e conhecimento sobre conceitos de programação antes e depois da aplicação da proposta de intervenção (atividades desplugadas com a música). Portanto, o

instrumento avaliativo desenvolvido aqui se trata de um só, mas é aplicado em um primeiro momento sendo chamado de pré-teste e, em um segundo momento, é reaplicado sendo chamado de pós-teste. O modelo de avaliação aplicado por Brackmann (2017) foi usado como base para a formulação do instrumento quantitativo (o teste) utilizado nesta pesquisa.

Além do pré/pós-teste, um questionário foi utilizado com o foco principal de avaliar, na visão do aluno, a qualidade das atividades e ensino de conceitos de programação. O questionário foi dividido em 3 grupos de perguntas: (A) Descobrir a relação do aluno com a computação no seu dia-a-dia e seu ponto de vista sobre a importância da computação para seu futuro e para sociedade contemporânea; (B) Obter o retorno dos alunos do Grupo de Intervenção sobre o que acharam das aulas com as atividades desplugadas com a música; e (C) Obter o retorno dos alunos do Grupo de Controle sobre os fatores que os levaram a não participar do projeto.

5. Resultados e Discussão

Nesta seção descreveremos os resultados alcançados na coleta e análise de dados. As Figuras 3 e 4 ilustram os resultados do pós/pré-testes aplicados. No Gráfico 1 (Figura 3) pode ser conferido o desempenho da turma A e, no Gráfico 2 (Figura 4), o desempenho da turma B.

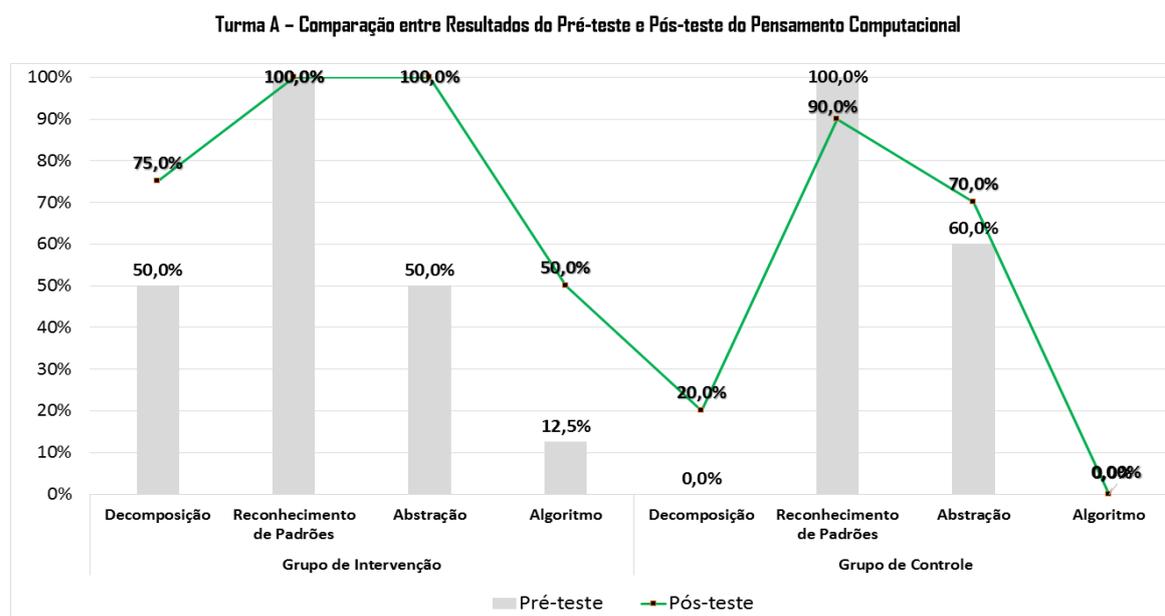


Figura 3 – Comparação dos Resultados do Pré-teste e Pós-teste das habilidades do PC da Turma A.

Com base nos resultados do pré-teste, nota-se que, antes da aplicação da proposta de intervenção, os alunos da turma A já apresentavam algumas das quatro habilidades pilares previamente desenvolvidas. Isso pode ser observado no caso da habilidade de Reconhecimento de Padrões em que, tanto no grupo de intervenção quanto no grupo de controle, os alunos tiveram 100% de acerto.

Um fato interessante que se observa entre esses dois grupos é que os alunos do grupo de intervenção apresentam mais domínios das quatro habilidades do pensamento computacional do que os alunos do grupo de controle.

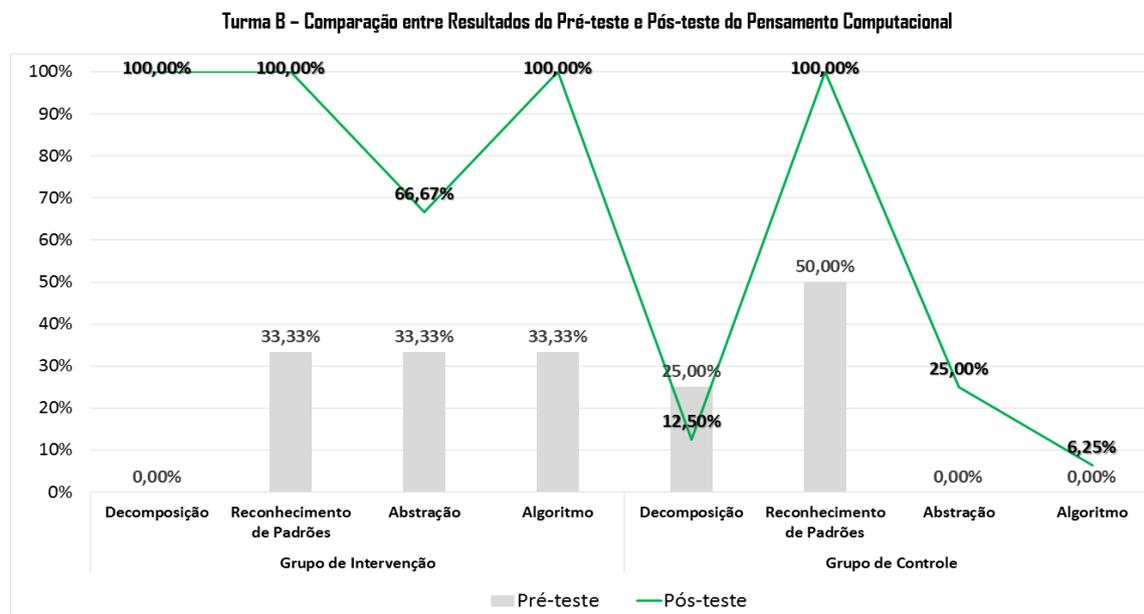


Figura 4 - Comparação dos Resultados do Pré-teste e Pós-teste das habilidades do PC da Turma B

Assim como na turma A, os alunos da turma B também apresentaram algumas das habilidades dos quatro pilares do PC previamente desenvolvidas, conforme mostra os resultados do pré-teste. Dentre elas, os alunos do grupo de intervenção não apresentaram a habilidade de Decomposição, mas apresentaram domínio das demais habilidades (Reconhecimento de Padrões, Abstração e Algoritmo), enquanto o grupo de controle não apresentou as habilidades de Abstração e Algoritmo, mas apresentou habilidades de Decomposição e Reconhecimento de Padrões.

Por fim, o questionário foi composto pelas questões: (1) você gostou das aulas do projeto? (2) como foi o seu interesse/motivação durante o curso? (3) qual a sua visão sobre a importância do PC no seu cotidiano? (4) você tem interesse em aprender mais sobre a computação e/ou a música? Todas as questões obtiveram 100% de resposta positivas. Além disso, uma questão discursiva foi proposta: "Nos fale sobre o que mais ou menos te motivou a participar do projeto", obteve-se as seguintes respostas:

"Me interessei pela apresentação do projeto pelo professor (...)"; *"O que me motivou foi a música. Minha sugestão é que poderia ter mais aulas"*; e *"Eu gostei muito de aprender mais sobre a computação, sobre os códigos binários, a programar uma música e não tenho nenhuma crítica negativa"*.

6. Conclusão

Este artigo descreveu o desenvolvimento de atividades desplugadas com a música para auxiliar no desenvolvimento das habilidades pilares do PC para motivar os alunos a aprender mais sobre a Ciência da Computação. Após a análise dos dados coletados sobre

a aplicação dos pré/pós-testes, obtivemos indícios de que a música pode cumprir tanto o objetivo de auxiliar o desenvolvimento das quatro habilidades pilares do PC quanto o objetivo de auxiliar no ensino e aprendizagem de conceitos da programação. Por meio do questionário, foi possível perceber que os alunos se mantiveram motivados durante todo o processo da realização das aulas do projeto. Com as atividades desplugadas e a música, o aluno foi capaz de refletir sobre a importância e aplicação do PC no seu dia-a-dia e, conseqüentemente, também demonstrou interesse em aprender mais, tanto sobre a computação quanto sobre a música. Partindo desses dados, argumenta-se em prol da utilização da música como recurso didático lúdico, complementar e motivador do processo de ensino e aprendizagem de conceitos da computação. Como trabalhos futuros, pretendemos replicar a proposta em uma amostra maior de estudantes afim de obter dados mais consistentes.

Referências

- Barckmann, C. P. (2017) "Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica". 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Dunican, E. (2002) "Making the analogy: Alternative delivery techniques for first year programming courses". <http://eprints.teachingandlearning.ie/3991/1/Dunican%202002.pdf>, Janeiro.
- Fino, Carlos Manuel Nogueira. (2001) "Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas". Revista Portuguesa de educação, v. 14, p. 273-291.
- Hummes, J. M. (2014) "Por que é importante o ensino de música? Considerações sobre as funções da música na sociedade e na escola". Revista da ABEM, v. 12, n. 11.
- MEC (2018) "Anuário Brasileiro da Educação Básica - Todos pela Educação". Editora Moderna. <https://www.todospelaeducacao.org.br/conteudo/anuario-brasileiro-da-educacao-basica-2018-disponivel-download/>, Janeiro.
- Medeiros, Soraya et al. (2018) "Ensino de algoritmos através de Poesia Compilada e Computação Desplugada: Relato de experiência com alunos de Ensino Fundamental." In: Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE). 2018. p. 381-390.
- Pereira Júnior, J. C. R.; Rapkiewicz, C. E. (2004) "O processo de ensino-aprendizagem de fundamentos de Programação: uma visão crítica da pesquisa no Brasil". In: Anais do XII Workshop sobre Educação em Computação (SBC).
- Reis, Rachel et al. (2018) "Relato de Experiência sobre o uso da Computação Desplugada associada a uma Teoria de Aprendizagem Colaborativa" In: Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE) 2018. p. 166-175.
- Santos, G et al. (2015) "Proposta de atividade para o quinto ano do ensino fundamental: Algoritmos Desplugados". In: Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE). 2015. p. 246-255.
- Wing, J. M. (2006) "Computational Thinking". Communications of the ACM, v. 49, n. 3, p. 33-35.