

# Aprendizado de Máquina com TinyML na Educação Básica: Um Relato de Experiência

Algeir P. Sampaio<sup>1,2</sup>, Paulo C. M. A. Farias<sup>2</sup>, Roberto A. Bittencourt<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CETENS/UFRB

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Av. Centenário, 697 – SIM  
Feira de Santana, BA, Brasil – 44042-280

<sup>2</sup>PPGEE/DEEC/Escola Politécnica  
UFBA – Universidade Federal da Bahia  
R. Prof. Aristídes Novis, 2 – Federação  
Salvador, BA, Brasil – 40210-630

<sup>3</sup>Department of Computer Science  
University of Victoria  
3800 Finnerty Rd  
Victoria, BC, Canada – V8P 5C2

sampaio@ufrb.edu.br, paulo.farias@ufba.br, rbittencourt@uvic.ca

**Abstract.** *In our modern society, job market opportunities increasingly highlight qualifications and skills based on mastery of new technologies. Artificial intelligence and machine learning are some of these technologies that permeate our current life in various applications, requiring a greater understanding on the part of those who intend to propose solutions that facilitate the execution of everyday tasks. School education must prepare students for this reality. This work reports the experience of introducing machine learning in elementary school with a proposal for initiation using small hardware devices and programming.*

**Resumo.** *Em nossa sociedade moderna, as oportunidades no mercado de trabalho destacam cada vez mais, qualificações e habilidades com base no domínio das novas tecnologias. A inteligência artificial e o aprendizado de máquina são algumas destas tecnologias que permeiam a nossa vida atual em diversas aplicações, exigindo um entendimento maior por parte de quem pretende propor soluções que facilitem a execução de tarefas cotidianas. A formação escolar deve preparar alunos para esta realidade. Este trabalho relata a experiência de introdução ao aprendizado de máquina na educação básica com uma proposta de iniciação utilizando pequenos dispositivos de hardware e programação.*

## 1. Introdução

O mundo hoje passa por um processo de mudança intenso, alavancado pelas novas tecnologias. Adaptar-se a este ritmo exige uma aproximação cada vez maior deste aparato tecnológico e a melhor fase para este aprendizado ainda é a fase escolar. Neste período, crianças e jovens podem aprender as potencialidades destes novos recursos e, a partir daí,

tornarem-se capazes de dominar não só a utilização, mas as possibilidades de criação e intervenção em suas realidades.

Nos últimos anos, houve uma rápida expansão da computação na educação na educação básica em todo o mundo. A recomendação de que os estudantes do ensino fundamental e médio devam aprender computação é apoiada pelo desenvolvimento de várias diretrizes e referenciais curriculares, como os CSTA K-12 Computer Science Standards [Seehorn et al. 2011]. No Brasil, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) estabelece duas competências (*Competências 4 e 5*) para lidar com tecnologias digitais. A inserção de IA no ensino básico deve estar alinhada com o regimento destas competências.

O Aprendizado de Máquina (AM), um subcampo da Inteligência Artificial (IA), é uma tecnologia que hoje faz parte de nossas vidas. Está em várias aplicações como sistemas de reconhecimento de face, *chatbots*, algoritmos de recomendação de perfis de amizades em redes sociais, dentre outras. É interessante pensar que quanto mais cedo houver uma aproximação de crianças e jovens destas tecnologias, maior será a familiaridade com todos os recursos que possam estar disponíveis para o domínio e entendimento do seu manuseio. Touretsky et al. (2019) e Kandlhofer et al. (2016) pregam que hoje é necessário entender a Inteligência Artificial não apenas como consumidor, mas também como criador desse tipo de inovação, uma vez que ela é encontrada praticamente em todos os lugares.

Para tal aproximação, é necessário que a escola seja capaz de introduzir conceitos iniciais e de forma gradual, desenvolver habilidades nos estudantes que promovam esta interação. Recentemente algumas iniciativas e projetos surgiram para trazer o Aprendizado de Máquina (AM) ou *Machine Learning* (ML) para o nível do Ensino Médio em diversos países [Kim et al. 2021, Select Committee on Artificial Intelligence 2018], de forma que os alunos possam ter a capacidade de entender os conceitos básicos do aprendizado de máquina [Huang et al. 2021]. Nesta fase etária, os alunos começam a consolidar a sua capacidade de pensamento hipotético-dedutivo, e seu processo cognitivo é acelerado pela resolução de problemas em diferentes contextos usando tecnologias [Santana et al. 2020]. Além disso, o desenvolvimento da alfabetização em aprendizado de máquina pode incentivar mais estudantes a considerar carreiras STEM<sup>1</sup> e fornecer uma preparação sólida para o ensino superior e a sua futura carreira [Marques et al. 2020].

Este trabalho apresenta uma iniciativa de introdução dos conceitos de Aprendizado de Máquina (AM) para jovens do Ensino Fundamental II em um minicurso para alunos de uma escola pública, com o objetivo de fomentar a curiosidade e o conhecimento nesta etapa escolar sobre esta tecnologia. A partir da nossa fundamentação teórica, o artigo descreve a metodologia utilizada neste minicurso e apresenta os resultados preliminares obtidos durante esta intervenção. As primeiras conclusões servem para nortear a sequência do trabalho e pautar os caminhos a serem seguidos.

## 2. Trabalhos Relacionados

Para a introdução do Aprendizado de Máquina na educação básica, é necessário um olhar especial mais atento para esta etapa escolar. Introduzir conceitos de AM na escola básica

---

<sup>1</sup>Carreiras profissionais baseadas em Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (do inglês, STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics).

é relevante para a preparação de uma nova geração de aprendizes que irão lidar num futuro próximo com essas novas tecnologias no seu cotidiano. A utilização de estratégias diversificadas tem se mostrado eficiente em alguns casos. Os resultados mostram que os estudantes do ensino médio foram capazes de entender e aplicar conceitos básicos de aprendizado de máquina e algoritmos.

Rizvi et al. (2022) realizaram um estudo de mapeamento sistemático do estado da arte no ensino de conceitos de aprendizado de máquina, do ensino fundamental ao médio. A partir deste levantamento, identificaram 28 trabalhos com foco principalmente em fundamentos de AM e redes neurais. Os resultados deste estudo demonstraram que ensinar AM na escola pode aumentar a compreensão e o interesse nesta área do conhecimento.

Priya et al. (2021) utilizaram um game como ambiente interativo para a introdução de conceitos de AM no intuito de aumentar o interesse de alunos adolescentes pelo aprendizado desta área. O jogo *3D ML-Quest* fornece uma visão geral conceitual de conceitos de AM como Aprendizado Supervisionado, dentre outros. O cerne do jogo é oferecer uma definição e o funcionamento desses conceitos, dando uma visão geral conceitual, em um cenário simulado sem sobrecarregar os alunos com as complexidades do AM.

Rodriguez-Garcia et al. (2020) desenvolveram uma plataforma educacional disponível na web no intuito de facilitar o aprendizado de AM para alunos entre 10 e 16 anos. A plataforma está disponível *LearningML* plataforma está disponível gratuitamente na web em alguns idiomas para aprendizes de todo mundo. A plataforma oferece, um editor de AM onde os usuários podem construir modelos de reconhecimento de texto e imagem e, uma interface de programação onde os aplicativos que usam tais modelos podem ser desenvolvidos. Na plataforma é possível treinar, aprender e avaliar dados e os modelos podem ser utilizados de forma interativa e iterativa, ajudando o aluno a desenvolver sua intuição sobre o processo de AM.

Evangelista et al. (2018) propuseram uma introdução amigável ao aprendizado de máquina no contexto de um pequeno workshop, através de uma série de atividades baseadas em problemas a fim de facilitar a compreensão dos estudantes sobre aprendizado por um computador e estimulando o interesse dos alunos por carreiras STEM.

Zhu (2019) desenvolveu uma série de extensões de aprendizado de máquina para o MIT App Inventor. MIT App Inventor é uma plataforma web para usuários com experiência mínima em programação que permite criar *apps* de forma simples e rápida. Essas extensões permitem que os usuários criem aplicativos que incorporam funcionalidades do aprendizado de máquina.

## **2.1. Habilidades do Século XXI**

Segundo Mioto et al. (2019), na sociedade do conhecimento, na qual vivemos atualmente, saber interpretar, buscar, comunicar e compartilhar novas informações são habilidades chaves para um cidadão bem-sucedido. Estas habilidades, conhecidas como habilidades do século XXI, incluem pensamento crítico, trabalho em equipe, comunicação, entre outras. Atualmente, existem diversas propostas de como integrar o aprendizado dessas habilidades na Educação Básica, inclusive por meio do ensino da computação. No entanto, partindo da hipótese de que o ensino da computação pode contribuir para o aprendizado de habilidades do século XXI, existem poucas evidências sistematicamente

coletadas para confirmar esta afirmação. Uma razão para essa ausência é a carência de modelos de avaliação das habilidades do século XXI.

Mioto et al. (2019), então, desenvolveram e avaliaram um modelo para a avaliação das habilidades do século XXI no contexto do ensino da computação na educação básica. Tomando como base os resultados de um mapeamento da literatura, desenvolveram sistematicamente o modelo BASES21, assim como o seu instrumento de medição, um questionário de autoavaliação. As habilidades que são mensuradas pelo BASES21 são: 1) Aprendizagem e Trabalho em Equipe; 2) Cidadania e Responsabilidade Social; 3) Proficiência em TIC; e 4) Comunicação.

### **3. Metodologia**

Antes da implantação do minicurso, tivemos uma etapa de planejamento para definição dos objetivos do projeto e concepção de todos os passos para elaboração do conteúdo e escolha das ferramentas a serem utilizadas na formação introdutória dos alunos da educação básica. A partir da leitura de artigos de referência citados em um mapeamento sistemático [Marques et al. 2020], notamos que todas as iniciativas registradas, exploravam o ensino de AM utilizando apenas software. Identificamos aí uma possibilidade de oferecer uma nova metodologia que possa aliar software e hardware, e decidimos promover inicialmente um projeto piloto com a intenção de montar um minicurso de aprendizado de máquina com hardware destinado a alunos do Ensino Fundamental II.

A ideia transitou entre avaliar com base nas habilidades do séc. XXI, como esses estudantes iriam reagir ao primeiro contato com a Inteligência Artificial e qual seria a reação da turma ao contato com toda parte de hardware e eletrônica, sem serem estudantes de cursos técnicos.

#### **3.1. Participantes**

Os participantes deste minicurso forma alunos do 8º e 9º anos do Ensino Fundamental II regular da Escola Municipal Adeline Cavalcante (EMAC), no bairro do SIM, cidade de Feira de Santana, estado da Bahia. Foram criadas duas turmas, uma em cada turno e cada uma com 16 alunos. A turma da manhã teve a composição de 50% de garotos e 50% de garotas, todos entre 13 e 14 anos de idade. Já a turma da tarde (vespertino) teve a composição de 25% de garotos e 75% de garotas. Os alunos do nono ano foram convidados a participar do curso de Introdução à Inteligência Artificial pela direção/coordenação dentre os que manifestaram interesse e mais alguns outros do oitavo ano que tiveram interesse em participar do minicurso. O minicurso de IA teve foco em Aprendizado de Máquina.

#### **3.2. Ferramentas utilizadas**

As ferramentas escolhidas para a utilização no minicurso são baseadas em TinyML. TinyML é um framework que une algumas técnicas tradicionais de aprendizado de máquina com as ferramentas para sua otimização e compatibilidade para microcontroladores de 32 bits. A justificativa para esta escolha dá-se devido à disponibilidade e existência de uma nova família de placas Arduino que suportam programação inteligente

e são apropriadas para aplicações de AIoT<sup>2</sup> por carregarem on-board vários sensores integrados.

Para atingir os objetivos propostos no minicurso, a partir do uso da ferramenta de hardware TinyML, utilizamos um programa em Python feito no Google Collab e a Interface do Arduino para a programação da placa. Além disso, o Tensorflow Lite foi utilizado para conversão do código.

A escolha da placa Arduino para implementação prática deu-se por razões de familiarização prévia com o ambiente de programação da placa; pela facilidade de uso e pela compatibilidade com uma série de outros componentes disponíveis no mercado. Dessa forma não foram necessários muitos componentes além da placa e do *protoboard*, apenas alguns LEDs externos acompanhados de resistores e plugados com pequenos *jumpers*.

### **3.3. Planejamento do Minicurso**

O minicurso foi programado para 20 horas de duração. Na escola, foram estabelecidos passos como contato com a direção; formação das turmas por indicação da direção; criação de duas turmas nos contraturnos do ensino regular para beneficiar mais alunos da instituição escolhida e divulgação interna do minicurso.

Os módulos da proposta tiveram o intuito de apresentar noções de inteligência artificial e aprendizado de máquina para a turma, oferecendo um formato prático que durasse apenas uma semana, com cinco dias letivos com quatro horas de duração por dia.

A Tabela 1 descreve o planejamento que foi utilizado para a execução do minicurso, explicitando a quantidade de aulas e suas cargas horárias, conteúdos e detalhes das atividades. O exemplo construído em sala recebeu dados de um sensor de proximidade e registrou o conjunto de dados. A partir daí, o pequeno sistema classifica as proximidades por conjunto. Para o projeto dos alunos foi utilizado a mesma programação gerando uma saída luminosa, a partir dos LEDs da placa.

### **3.4. Avaliação preliminar**

Uma vez estabelecido o conteúdo do minicurso, refletiu-se sobre a avaliação deste processo. Dada as características da nossa iniciativa, a ideia foi utilizar o aprendizado de máquina para auxiliar no desenvolvimento de habilidades do Século XXI e nas atitudes dos alunos em relação à tecnologia. Para tanto, o questionário bASES21 v2.0 foi utilizado como instrumento de avaliação desta experiência. Ao final do curso, o questionário foi respondido pelos participantes, constando como avaliação de suas percepções em relação ao minicurso.

## **4. A Experiência**

Para a presente experiência, trabalhou-se com a possibilidade de centrar o curso em uma atividade prática que possibilitasse aos aprendizes a oportunidade de manusear e trabalhar com pequenos dispositivos de hardware. No início, houve uma contextualização sobre o

---

<sup>2</sup>AIoT (do inglês: Artificial Intelligence of Things) é a combinação entre a IA e a infraestrutura da Internet das Coisas (IoT). A partir dos dados gerados pelos dispositivos de monitoramento presentes nas tecnologias de IoT, uma otimização é responsável pela tomada de decisões no menor tempo possível.

**Tabela 1. Tabela de Planejamento do Minicurso.**

<b>Aula</b>	<b>CH</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Atividades</b>
1	4h	Apresentação do minicurso, dos objetivos e de aspectos da IA e do AM (ML)	Apresentação do Curso, Bate-papo, Entrevista com os alunos.
2	4h	Conceitos de Aprendizado de Máquina	Conjunto de dados de entrada, limpeza, rotulação de dados e processo de treinamento de dados
3	4h	Apresentação da Placa Arduino Nano 33 BLE Sense e dos seus sensores e da ferramenta TinyML	Apresentação das Ferramentas TinyML e da Placa Arduino
4	4h	Planejamento, Montagem, Programação e Teste de Exemplo com explicação de cada passo	Construção de um exemplo em sala de aula utilizando dados do sensor de proximidade da placa
5	4h	Planejamento, Montagem, Programação e Teste do Projeto em Equipe	Finalização do Projeto em Equipe e Aplicação do Questionário bASES21

mundo atual e a sociedade tecnológica, cobrindo as tecnologias da informação e foram dadas noções sobre como a inteligência artificial é utilizada em aplicações do mundo real. Os alunos demonstraram grande interesse nesse momento e, nas duas turmas, houve uma participação efetiva de boa parte dos discentes.

Na segunda aula, foram apresentadas e discutidas noções de aprendizado de máquina. Muito importante foi o entendimento de como um conjunto de dados deve ser preparado para um processo de AM. Nesta aula, os alunos puderam entender todo o processo, a partir de exemplo construído desde a recepção dos dados de entrada, limpeza e rotulação destes dados até o treinamento da rede para uma tarefa de classificação. Além disso, foi também apresentada e explicada a família de placas Arduino e foram dadas noções de automação de sistemas modernos.

Na terceira aula, apresentamos TinyML e a placa Arduino Nano 33 BLE Sense. A ferramenta foi apresentada após a introdução da placa Arduino utilizada como dispositivo de hardware para os testes e prática do minicurso. Esta placa possui características interessantes com sensores integrados como sensores de cor, de pressão, de temperatura, de umidade, de vibração e de gesto e proximidade, além de acelerômetro e microfone digital. Estando os alunos familiarizados com a placa e a com a ferramenta TinyML, partiu-se para o exercício de desenvolvimento de uma pequena aplicação utilizando o sensor de proximidade da placa.

Para efeito de prática, foi orientado um miniprojeto, desenvolvido em equipe com as mesmas características do exemplo construído em sala, mas que permitiu aos estudantes uma atividade *maker* e o contato com os componentes eletrônicos, além da placa Arduino, *protoboards*, resistores e LEDs externos. A turma foi dividida em pequenos grupos e cada equipe teve a oportunidade de manusear os dispositivos. Esta oportunidade

mostrou-se uma boa experiência, especialmente para a turma que nunca tinha tido contato anterior com construção e testes de circuitos.

Na quarta aula, foram apresentados aos alunos todos os passos para a execução de um pequeno projeto com TinyML. A linguagem Python, que já tinha sido abordada na aula 2, no tópico de software, foi mostrada de forma direta, tendo sido comentados apenas os comandos que apareceram na aplicação. Foi utilizado o Google Collab como ambiente para a programação e foi escolhido o sensor de proximidade para a aplicação que foi construída. O exemplo consistiu em primeiro mostrar o funcionamento do sensor da placa, em como ele pode ser acionado através dos raios infravermelhos e como ele é capaz de detectar objetos em suas proximidades. Na confecção do exemplo, os alunos ficaram observando a construção e foram induzidos a questionar cada passo à medida que o programa ia sendo feito. Para facilitar o entendimento, o projeto passado para as equipes foi semelhante ao desenvolvido em sala com o acréscimo de uma ação de saída, utilizando os LEDs da placa.

Finalmente na quinta aula, os alunos tiveram a oportunidade de manusear novamente os pequenos dispositivos eletrônicos. Isso já tinha acontecido na aula sobre noções de hardware, mas desta vez a experiência consistia em, além do manuseio, a ligação e os testes com os componentes. Cada equipe de quatro alunos recebeu um kit com uma placa Arduino Nano Sense 33 BLE, LEDs coloridos avulsos, jumpers, um protoboard e alguns resistores de 220 ohms. O Código de cores foi explicado e, a partir daí, começou-se a parte prática. O projeto foi bem explicado e mostrado como uma extensão do que foi feito no dia anterior. Consistiu em programar a placa para que seus sensores de proximidade recebessem um conjunto de dados (estímulos) e, a partir da leitura da interpretação desses dados, uma ação física fosse efetuada (nesse caso, o acionamento dos LEDs).

## **5. Avaliação e Discussão**

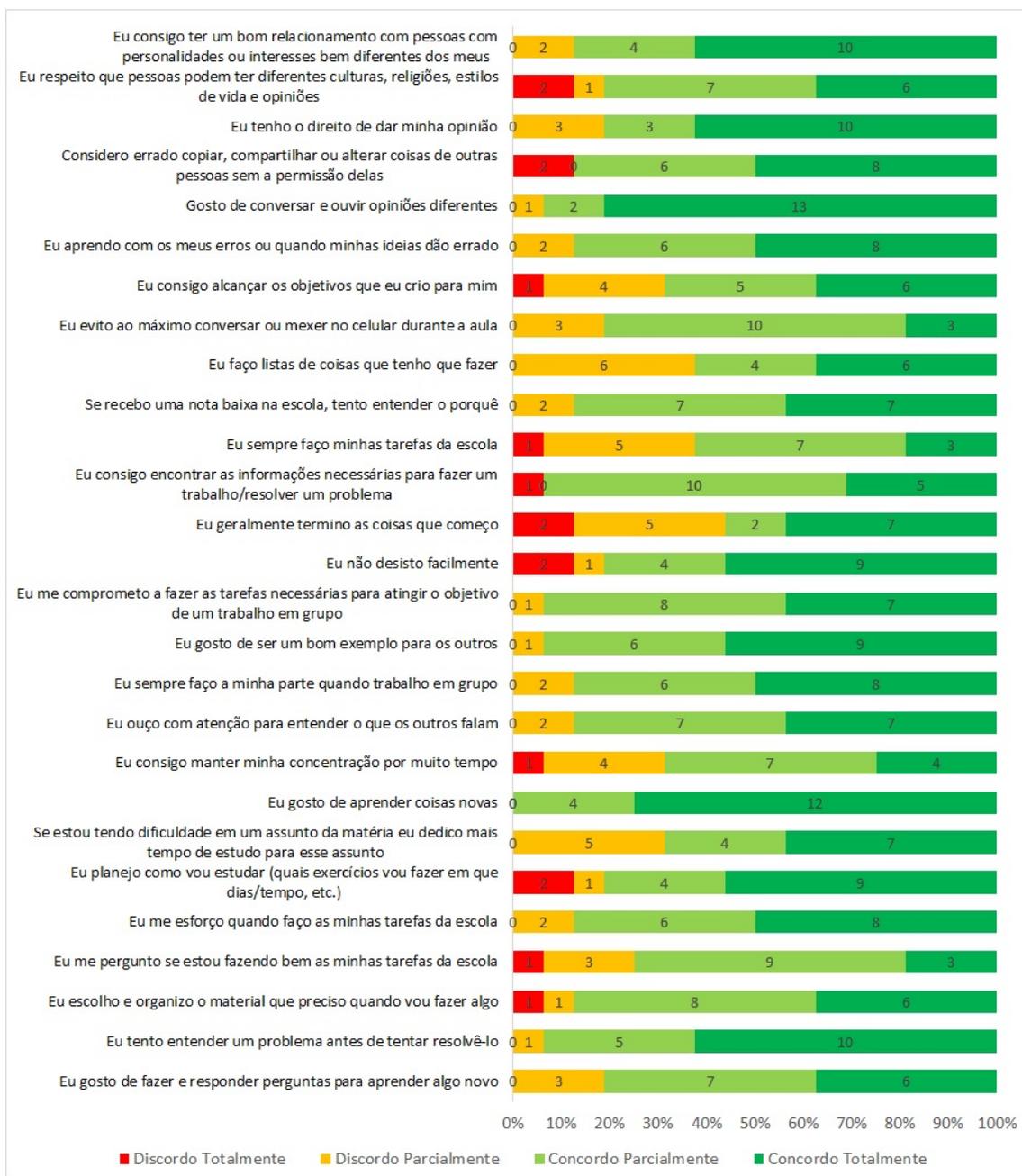
Os resultados desta primeira experiência servem para construirmos algumas observações sobre a iniciativa de introdução de aprendizado de máquina na educação básica.

Vale salientar que no universo da escola pública, iniciativas como essa são bastante esparsas e nem sempre acontecem. Mas, ainda que fora da realidade comum dos estudantes, a ocorrência do curso despertou interesse em outros alunos que não participaram. Muitos alunos procuraram a coordenação e direção da escola, depois de iniciado o minicurso, com a intenção de participar. Mas, este projeto foi propositadamente direcionado apenas aos alunos do oitavo e nono anos do Ensino Fundamental II.

Em relação à infraestrutura, a escola disponibilizou o seu Laboratório de Informática para servir de espaço para o curso. E dentro das instalações do laboratório, estavam disponíveis um computador desktop, um projetor multimídia e mais alguns chromebooks. A internet também estava disponível, o que foi fundamental para a execução do projeto. As aulas foram desenvolvidas de modo presencial e foram criados grupos virtuais para acompanhamento dos alunos e distribuição do material digital de consulta (apostila).

Motivação, empolgação, persistência e resiliência foram sentimentos presentes durante o minicurso. Alguns alunos, porém ainda imaturos registraram atrasos na volta do intervalo.

Analisando o gráfico da Figura 1, percebe-se que o construto *Aprendizagem e Tra-*

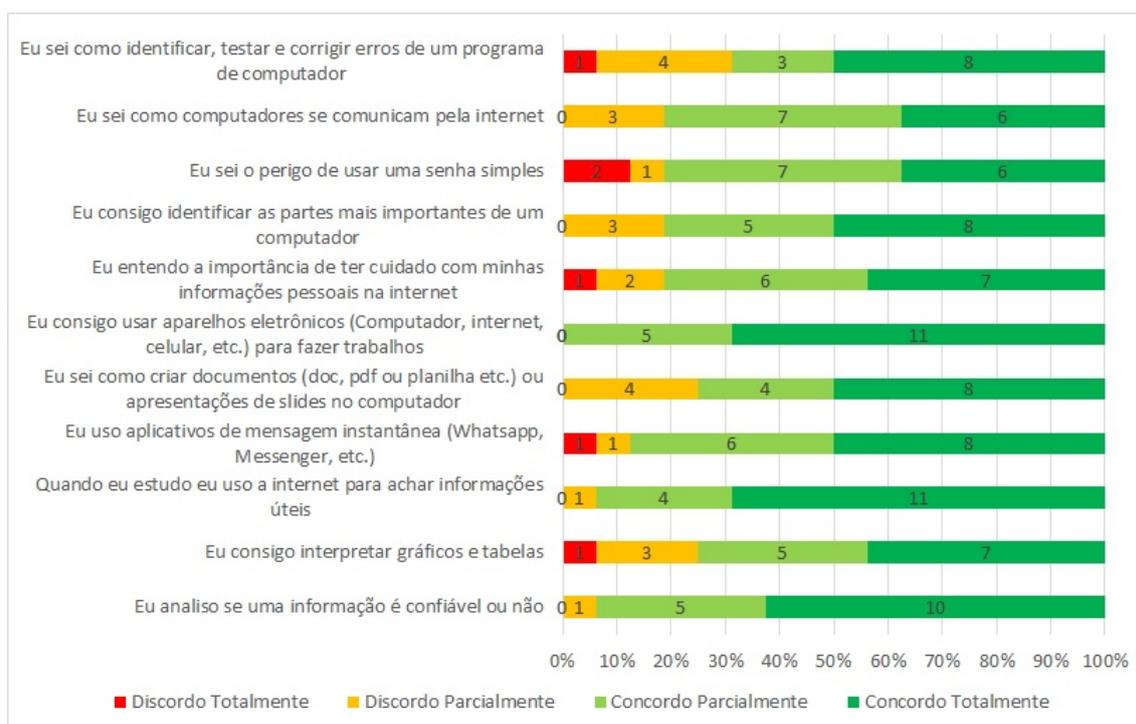


**Figura 1. Construto Aprendizagem e Trabalho em Equipe.**

*balho em Equipe* apresentou os aspectos “Término das atividades” como ponto negativo, além dos aspectos “Eu sempre faço minhas tarefas escolares” e “Dedicação de um tempo maior de estudo para a matéria que oferece dificuldade”. Apesar de boa parte da turma afirmar concordar com o aspecto “Eu evito mexer no celular durante a aula”, em alguns momentos, a atenção da turma era desviada por conta do movimento externo ao laboratório que possuía porta de vidro transparente e ficava em frente ao pátio do recreio. Durante o minicurso, as conversas eram frequentes, mas tal constância foi creditada à idade da turma, formada por adolescentes entre 13 e 14 anos de idade.

Vale destacar como pontos positivos o aspecto “Eu tento entender um problema

antes de resolvê-lo”, um bom procedimento para quem vier a trabalhar com computação. O aspecto “Eu gosto de aprender coisas novas” também aparece como uma boa característica de futuros profissionais das áreas STEM. Foi observado também que a maior parte da turma “gosta de ouvir opiniões diferentes” e no trabalho em equipe desenvolvido durante o minicurso, essa característica ficou evidenciada em boa parte das equipes quando tiveram que discutir sobre a apresentação e divisão de trabalho na montagem.



**Figura 2. Construto Proficiência em TICs.**

Analisando o construto *Proficiência em TIC* representado na Figura 2, o resultado evidencia que a turma em questão tem uma relação amigável com a tecnologia. Boa parte dos alunos, ainda que de forma limitada, possui um pequeno trato com dispositivos eletrônicos (smartphones). Boa parte já possuía uma noção de identificação das partes de um computador embora hardware e software fossem termos não prontamente definidos por alguns deles. Um ponto positivo e atraente é a relação que eles possuem com a internet, uma relação de domínio no que diz respeito a saberem procurar uma informação quando necessário.

Vale salientar que os pontos menos apoiados ainda assim não foram capazes de prejudicar a percepção dos novos conhecimentos por parte da turma. Apesar de uma noção limitada de como funciona a comunicação na internet, eles são capazes de estudar e pesquisar na rede. É importante registrar que a maioria absoluta dos estudantes só acessam a internet através de celulares smartphones.

A experiência como um todo gerou algumas lições importantes. É preciso definir mais práticas, se possível, utilizando outros sensores, como forma de aumentar a motivação das turmas. Cada sensor proporciona um binômio ação e reação diferenciado e isso acaba refletindo no comportamento da turma. A atividade *maker*, para muitos, é um momento bastante aguardado quando a manipulação dos componentes eletrônicos

permite uma experiência de “engenharia” para os participantes. Foi observado, durante a montagem, que muitos alunos ficaram mais interessados na aula, durante a parte prática.

O minicurso nos permitiu fazer análises preliminares em nosso trabalho. Esperamos que as atividades do minicurso possam de alguma forma colaborar no desenvolvimento de habilidades importantes para os participantes, seja no trabalho em equipe ou na proficiência em tecnologias da informação.

## 6. Conclusões

O curso de Introdução a IA com foco em aprendizado de máquina (AM) aplicado com estudantes do Ensino Fundamental II foi capaz de promover uma iniciação em AM para os estudantes, mas não deve ser uma iniciativa isolada. A primeira experiência mostrou que o direcionamento do minicurso deve ser melhor para alunos do ensino médio, em uma faixa etária entre 15 e 16 anos que pode melhorar o aproveitamento das lições aprendidas devido a um maior amadurecimento dos aprendizes. Para esta experiência em si, o objetivo foi alcançado, uma vez que a possibilidade de inserção de dispositivos de hardware no trato do AM, foi trabalhada, ainda que de forma introdutória.

Em relação às habilidades do século XXI, entendemos que a intervenção foi muito curta para gerar grandes mudanças nas percepções dos estudantes. A concepção do programa e de todo conteúdo desenvolvido no minicurso também passa por uma avaliação no intuito de torná-lo mais adequado para o público-alvo.

Espera-se que a partir dessa experiência piloto possamos aprimorar o minicurso, utilizando uma carga horária maior, dando oportunidade de maior foco em programação, além da composição de equipes menores para desenvolvimento das atividades práticas. Minicursos adicionais com cargas horárias maiores que o presente estão em elaboração e devem ser implementados em breve com o objetivo de servirem como laboratórios na construção de uma experiência que seja replicável dentro do contexto da escola pública brasileira.

## 7. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Escola Municipal Adelice Cavalcante, especialmente à Diretora Leidy da Silva e a Vice-Diretora Geisane Pinto. Agradecemos também às turmas do oitavo e do nono ano pela participação interessada e pelo feedback, sempre esclarecedor e colaborativo.

## Referências

- Evangelista, I., Blesio, G., and Benatti, E. (2018). Why are we not teaching machine learning at high school? a proposal. in 2018 world engineering education forum-global engineering deans council (weef-gedc). In *IEEE, November*, pages 12–16.
- Huang, C.-J., Wu, T., Lu, J.-T., Lin, B., Chang, D., Wang, P., Wang, M.-C., Lee, P., and Wang, W. (2021). Developing a medical artificial intelligence course for high school students. In *International Forum on Medical Imaging in Asia 2021*, volume 11792, pages 103–108. SPIE.
- Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., and Huber, P. (2016). Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. In *Proc. of IEEE Frontiers in Education Conference*.

- Kim, S., Jang, Y., Choi, S., Kim, W., Jung, H., Kim, S., and Kim, H. (2021). Analyzing teacher competency with tpack for k-12 ai education. *KI-Künstliche Intelligenz*, 35(2):139–151.
- Marques, L. S., von Wangenheim, C. G., and Hauck, J. C. R. (2020). Ensino de machine learning na educação básica: um mapeamento sistemático do estado da arte. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 21–30. SBC.
- Mioto, F., Petri, G., von Wangenheim, C. G., Borgatto, A. F., and Pacheco, L. H. M. (2019). bases21-um modelo para a autoavaliação de habilidades do século xxi no contexto do ensino de computação na educação básica. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(01):26.
- Priya, S., Bhadra, S., Chimalakonda, S., and Venigalla, A. S. M. (2022). MI-quest: a game for introducing machine learning concepts to k-12 students. *Interactive Learning Environments*, pages 1–16.
- Rizvi, S., Waite, J., and Sentance, S. (2023). Artificial intelligence teaching and learning in k-12 from 2019 to 2022: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, page 100145.
- Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., and Robles, G. (2020). Introducing artificial intelligence fundamentals with learningml: Artificial intelligence made easy. In *Eighth international conference on technological ecosystems for enhancing multiculturalism*, pages 18–20.
- Santana, O. A., de Sousa, B. A., do Monte, S. R. S., de Freitas Lima, M. L., and e Silva, C. F. (2020). Deep learning practice for high school student engagement in stem careers. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 164–169. IEEE.
- Seehorn, D., Carey, S., Fuschetto, B., Lee, I., Moix, D., O’Grady-Cunniff, D., Owens, B. B., Stephenson, C., and Verno, A. (2011). *CSTA K–12 Computer Science Standards: Revised 2011*. ACM.
- Select Committee on Artificial Intelligence (2018). AI in the UK: ready, willing and able? Technical report.
- Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., and Seehorn, D. (2019). Envisioning ai for k-12: What should every child know about ai? In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*, volume 33, pages 9795–9799.
- Zhu, K. (2019). *An educational approach to machine learning with mobile applications*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.