

FOLHAR - EXPLORANDO FOLHAS DE PLANTAS COM REALIDADE AUMENTADA

Bruno Geisler Vigentas, Dalton Solano dos Reis – Orientador, Mauricio Capobianco Lopes – Coorientador

Curso de Bacharel em Ciência da Computação
Departamento de Sistemas e Computação
Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brasil
bvigentas@furb.br, dalton@furb.br, mclopes@furb.br

Resumo: Este artigo apresenta um aplicativo que tem como objetivo auxiliar as pessoas no conhecimento de folhas de plantas por intermédio da Realidade Aumentada Imersiva. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma Unity utilizando a linguagem de programação C# em conjunto com os packages AR Foundation e Barracuda. A aplicação faz a detecção do formato da folha da planta sobre um fundo de cor branca e renderiza uma versão desse formato com Realidade Aumentada, permitindo ao usuário interagir com esse objeto e aprender mais sobre a folha. Para avaliação da ferramenta foram feitos testes funcionais e avaliações com uma professora e um aluno do curso de Ciências Biológicas da Universidade Regional de Blumenau. Com os resultados obtidos, foi possível concluir que o conjunto de tecnologias utilizadas foram eficazes para o tipo de aplicação desenvolvida e que o aplicativo permite aos estudantes ampliarem seus conhecimentos sobre folhas com o uso de realidade aumentada.

Palavras-chave: Realidade aumentada imersiva. Educação ambiental. Aulas de campo. Folhas de plantas. Detecção de objetos.

1 INTRODUÇÃO

Os professores possuem várias maneiras de diversificar suas aulas de forma que seus alunos aprendam os conteúdos propostos da melhor maneira, sendo uma destas as aulas de campo. As aulas de campo no ensino da Biologia são práticas que propiciam aos alunos a oportunidade de estudar o conteúdo fora da sala de aula, transcendendo assim as barreiras do ambiente escolar para a realidade e possibilitando ao aluno um novo meio de aprendizagem (SOUSA *et al.*, 2016). Como Araujo *et al.* (2015) demonstram em sua pesquisa, realizada com alunos antes e depois da execução de aulas de campo, essas despertam interesse e desenvolvimento cognitivo proporcionando uma maior relação com o conteúdo teórico. A investigação permitiu notar um melhor desempenho dos estudantes e, por consequência, um maior aproveitamento dos conteúdos ministrados pelos professores, refletindo na melhoria da aprendizagem (ARAÚJO *et al.*, 2015).

De acordo com Campos (2012), as aulas de campo representam muito mais do que uma simples visita ao meio ambiente. Com elas os alunos são capazes de compreender a dinâmica do ecossistema que os rodeia, instruindo-se sobre sua fauna e flora local tendo maior ciência sobre sua conservação. Tal atividade permite aos alunos a exploração de conceitos, procedimentos e atitudes que se tornam de grande valia para programas de educação ambiental (VIVEIRO; DINIZ, 2009). Os ambientes fora da sala de aula aguçam a mente dos estudantes e fazem com que eles tenham vontade de aprender, dado que se caracterizam como espaços estimulantes que, quando bem aproveitados, se tornam um relevante cenário para a aprendizagem, preenchendo lacunas que vão sendo criadas no decorrer do ensino na sala de aula. (CARBONNEL, 2002, apud SOUSA *et al.*, 2016). As aulas de campo são oportunidades nas quais os alunos podem descobrir novos ambientes fora da sala de aula, incluindo a observação e o registro de imagens (MORAIS; PAIVA, 2009).

Algumas ferramentas tecnológicas são capazes de ajudar os alunos no âmbito da observação e conhecimento dos elementos do campo. Uma dessas ferramentas é o PlantSnap, que permite ao usuário a identificação de forma precisa e instantânea de mais de 600 mil espécies a partir de fotos de plantas e árvores tiradas pelo próprio aplicativo, proporcionando ainda pequenas interações com o uso de Realidade Aumentada (PLANTSAP, 2020). Como Schmalstieg e Höllerer (2016) comentam, a Realidade Aumentada promete a criação automática e direta entre o mundo físico e a informação eletrônica, possibilitando com que essa informação pareça parte do mundo real na percepção do usuário. Na visão de Azuma (1997, p. 03, tradução nossa), “A Realidade Aumentada melhora a percepção e interação do usuário com o mundo real. Os objetos virtuais mostram informações que o usuário não consegue detectar diretamente com seus próprios sentidos. A informação transmitida pelos objetos virtuais ajuda o usuário a realizar tarefas do mundo real”. Como Zorzal e Kirner (2005) relatam, a tecnologia de Realidade Aumentada na educação tem o potencial de enriquecer os materiais didáticos, estimulando o aluno a visualizar, conhecer e explorar os conteúdos ministrados pelos professores, possibilitando um aprendizado interativo e dinâmico.

Diante do contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo auxiliar no conhecimento de folhas de plantas, por intermédio da Realidade Aumentada Imersiva. Os objetivos específicos são: utilizar as folhas das plantas como


marcadores para apresentação do conteúdo em Realidade Aumentada e analisar a eficácia do aplicativo com usuários da área da Biologia. Para o reconhecimento das folhas são utilizados recursos de computação visual de modo a buscar mais precisão no processo de reconhecimento. Nas seções seguintes será apresentada a fundamentação do trabalho, a especificação, os resultados e conclusões sobre o trabalho desenvolvido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção expõe os principais aspectos que fundamentaram a implementação do aplicativo. Serão apresentados conceitos sobre realidade aumentada e morfologia das folhas e as ferramentas AR Foundation e Barracuda usadas no desenvolvimento do aplicativo feito na plataforma Unity. Também são apresentados alguns trabalhos que se relacionam com a proposta.

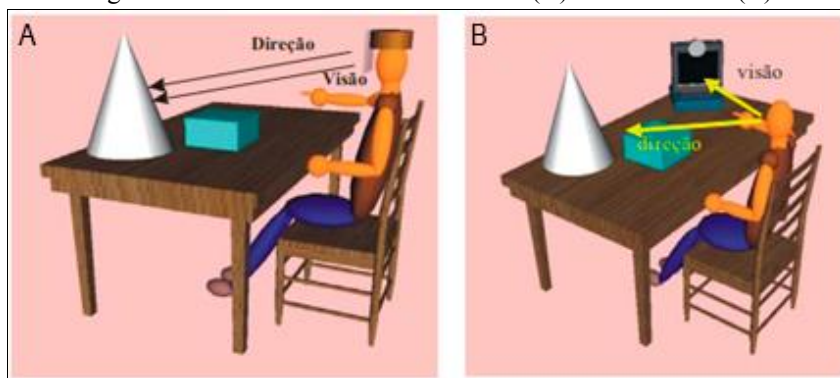
2.1 REALIDADE AUMENTADA

Segundo Azuma (2017, p. 01, tradução nossa), “Realidade Aumentada (RA) é uma experiência imersiva que sobrepõe objetos virtuais 3D sobre a visão direta de um usuário em torno do ambiente real, gerando a ilusão de que esses objetos virtuais existem naquele espaço”. Através da Realidade Aumentada é possível estender as fronteiras do mundo real, complementando este com informações virtuais que podem auxiliar os usuários em variadas áreas. Como Kirner *et al.* (2006) relatam, a Realidade Aumentada se beneficiou graças ao avanço da multimídia, que foi influenciada positivamente pelo aumento de banda das redes e permitiu a transferência de imagens e outros fluxos de informação com eficiência. Ainda, pelo desenvolvimento da Realidade Virtual, proporcionado pelo incremento na potência dos computadores. Sem essas evoluções, as principais características da Realidade Aumentada descritas por Azuma (2001) não seriam possíveis, como a combinação do mundo real e virtual executada de forma interativa em tempo real.

A Realidade Aumentada é apresentada ao usuário com o auxílio de equipamentos tecnológicos. Estes podem ser dispositivos Head Mounted Display (HMD) com câmeras acopladas, que filmam a visão do usuário e permitem mesclar o mundo real e virtual trazendo a informação virtual à tela que é vista no dispositivo. Assim como também podem ser aplicativos para celulares ou computadores, no qual a câmera do celular ou webcam  itoram o ambiente real e o conteúdo virtual é mesclado a ele e exposto na tela do celular ou no monitor do computador (KIRNER *et al.*, 2006).

Kirner *et al.* (2006) comentam que a Realidade Aumentada pode ser classificada de duas maneiras segundo a forma com que o usuário observa o mundo mesclado através dos dispositivos. Quando o usuário vê a mescla diretamente olhando para a posição real da cena por vídeo, a Realidade Aumentada é de visão direta (Imersiva). Já quando o usuário a observa através de um monitor, não olhando diretamente para o local onde os componentes virtuais estão sendo projetados, a Realidade Aumentada é de visão indireta (Não imersiva). As duas modalidades são ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Realidade aumentada imersiva (A) e não imersiva (B)



Fonte: Kirner *et al.* (2006, p. 28).

Como Kirner e Siscoutto (2007) relatam, a escolha da visão a ser usada pode interferir em um dos principais objetivos da Realidade Aumentada que é criar um ambiente tão realista a ponto que o usuário não consiga distinguir as diferenças entre o real e o virtual. Explicando como os objetos 3D são posicionados no mundo real de forma que pareçam realistas, Kirner *et al.* (2006) contam que o processo é realizado através de técnicas de computação visual que são utilizadas para fazer a detecção de um marcador no ambiente, por meio do qual são estabelecidas as coordenadas espaciais e a orientação dos objetos que devem ser renderizados. Esses marcadores podem ser símbolos gráficos impressos, como demonstrado na Figura 2, assim como podem ser qualquer outro objeto detectado por meio de técnicas e ferramentas de computação visual, como por exemplo a ferramenta Barracuda, utilizada no desenvolvimento do trabalho para detecção de folhas e apresentada nesta seção, logo após o AR Foundation, *framework* utilizado para implementação de Realidade Aumentada em dispositivos móveis.

Figura 2 - Exemplo de marcador com símbolos gráficos impressos



Fonte: Kirner *et al.* (2006, p. 30).

2.2 AR FOUNDATION

O AR Foundation é um *framework* criado com o intuito de facilitar a criação de aplicações em Realidade Aumentada dentro do Unity para diversas plataformas, como Android e iOS. A biblioteca apresenta uma série de interfaces que fazem com que as bibliotecas de Realidade Aumentada para outras plataformas, como o ARCore para o Android e o ARKit para o iOS, funcionem da mesma maneira. No desenvolvimento deve-se seguir os contratos inferidos na interface de modo a possibilitar que o desenvolvedor faça apenas a chamada de métodos comuns que executam conforme a biblioteca correspondente ao da plataforma que a *build* for gerada (UNITY, 2021b).

O *framework* não inclui funções próprias, ao invés disso define uma API multiplataforma para trabalhar com as funções indispensáveis das principais bibliotecas de Realidade Aumentada no mercado. Entre essas funções definidas, ele conta com funções para: Plane Tracking, para fazer a detecção de superfícies horizontais e verticais; Anchors, que age como uma posição arbitrária rastreada pelo dispositivo; Device Tracking, que objetiva rastrear a posição e orientação do dispositivo no ambiente físico; Raycast, que consulta os arredores de planos detectados. Além dessas, outras funções podem ser visualizadas na Figura 3 (UNITY, 2021a).

Figura 3 - Lista de funções presentes no AR Foundation

Unity's AR Foundation Supported Features				
Functionality	ARCore	ARKit	Magic Leap	HoloLens
Device tracking	✓	✓	✓	✓
Plane tracking	✓	✓	✓	
Point clouds	✓	✓		
Anchors	✓	✓	✓	✓
Light estimation	✓	✓		
Environment probes	✓	✓		
Face tracking	✓	✓		
Meshing			✓	✓
2D Image tracking	✓	✓		
Raycast	✓	✓	✓	
Pass-through video	✓	✓		
Session management	✓	✓	✓	✓

Fonte: Unity (2021a).

A configuração de um projeto inicial com AR Foundation é apresentada no APÊNDICE A.

2.3 BARRACUDA

No presente projeto pretende-se que a detecção do objeto seja feita com a folha de uma planta do mundo real. Assim, de modo a facilitar o reconhecimento da folha apresentada ao aplicativo, optou-se por utilizar um pacote de rede neural denominado Barracuda. Como descrito por Fleck *et al.* (2016), redes neurais artificiais são sistemas projetados para simular o processo de aprendizado de um organismo vivo. Para realizar isso, Matos *et al.* (2020) relatam que o aprendizado nestas redes se dá por meio de técnicas matemáticas estruturadas em algoritmos que adquirem experiência e conhecimento a partir de dados de entrada. O pacote Barracuda acopla uma rede neural artificial multiplataforma ao Unity, que é a ferramenta de desenvolvimento do presente projeto, permitindo a utilização de redes pré treinadas em aplicações desktop, móveis e consoles (UNITY, 2019). O pacote Barracuda utiliza compiladores Unity Compute Shader,

Figura 8 - Âncoras para renderização de objetos 3D



Fonte: digitalizado do aplicativo PlantSnap (2020).

3 DESCRIÇÃO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO

Esta seção tem como objetivo apresentar os aspectos mais importantes relacionados ao desenvolvimento do aplicativo, bem como as técnicas e ferramentas utilizadas. Ela é dividida em três subseções: a 3.1 discorre sobre a especificação do aplicativo; a 3.2 apresenta uma visão geral do sistema, mostrando o seu funcionamento e a forma de uso; a 3.3 demonstra os principais pontos de implementação para a construção da aplicação.

3.1 ESPECIFICAÇÃO

Nesta seção estão presentes os Requisitos Funcionais (RF) e os Requisitos Não Funcionais (RNF), bem como um diagrama de casos de uso para melhor entendimento do processo que ocorre dentro da aplicação.

Quadro 4 - Requisitos Funcionais

Requisitos Funcionais
RF01: permitir ao usuário iniciar o <i>scan</i> no modo quiz
RF02: permitir ao usuário identificar os componentes da folha
RF03: permitir ao usuário iniciar o <i>scan</i> no modo normal
RF04: permitir ao usuário realizar o reconhecimento da folha
RF05: renderizar um modelo 3D da folha
RF06: exibir informações sobre a folha detectada
RF07: permitir ao usuário validar as informações inseridas no modo quiz
RF08: permitir ao usuário capturar uma foto do conteúdo sendo mostrado em sua tela e salvar em sua galeria
RF09: permitir ao usuário consultar as folhas detectáveis pelo aplicativo

Fonte: elaborado pelo autor.

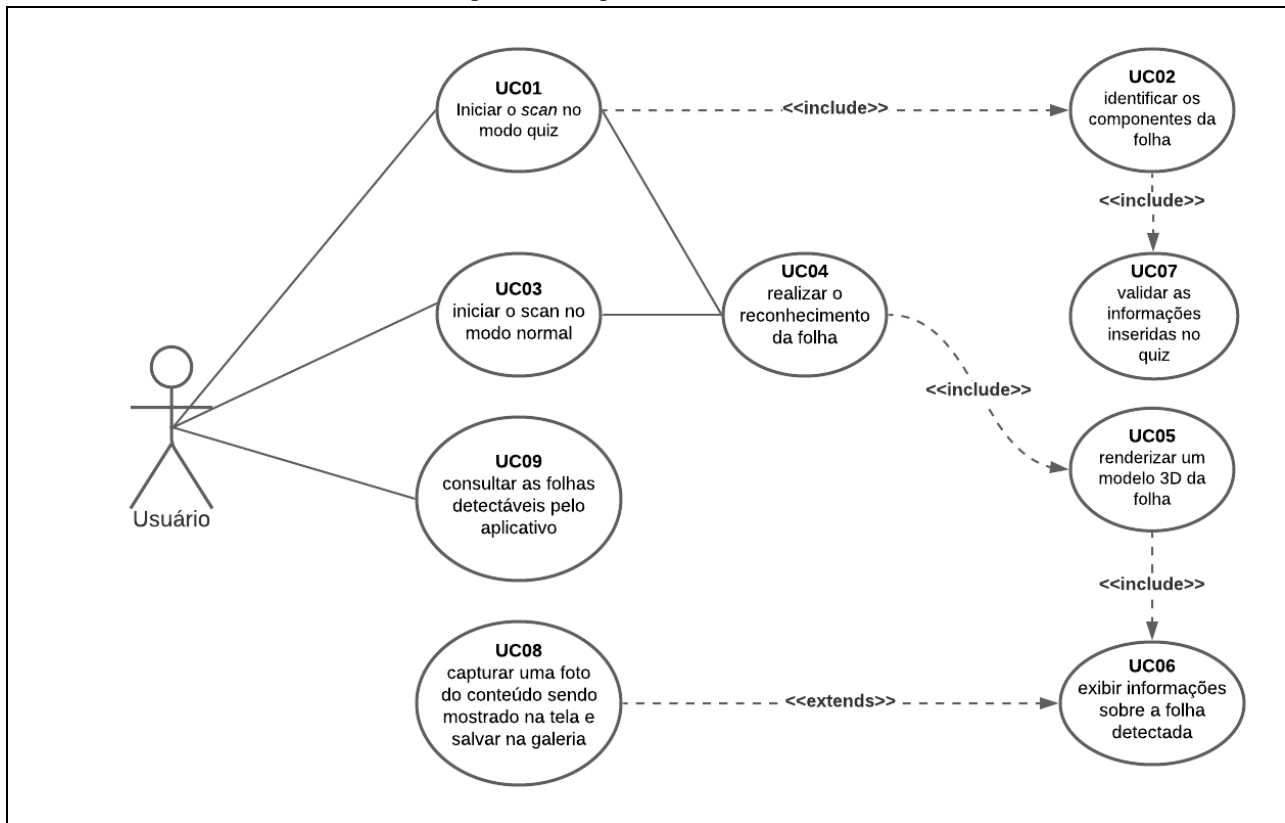
Quadro 5 - Requisitos Não Funcionais

Requisitos Não Funcionais
RNF01: utilizar a folha de uma planta como marcador para ancoragem do conteúdo virtual
RNF02: utilizar o ambiente de desenvolvimento Unity
RNF03: ser desenvolvido para plataforma Android
RNF04: utilizar o pacote Barracuda para a detecção das folhas
RNF05: utilizar o <i>framework</i> AR Foundation para a apresentação da realidade aumentada

Fonte: elaborado pelo autor.

Os requisitos e o funcionamento do sistema podem ser melhor compreendidos com base no Diagrama de Casos de Uso da Figura 9.

Figura 9 - Diagrama de Casos de Uso



Fonte: elaborado pelo autor.

O aplicativo conta com um ator, o Usuário. Esse ator pode realizar algumas ações, representadas nos casos de uso UC01, UC03 e UC09. O usuário pode iniciar a aplicação de duas maneiras, uma representada por meio do UC03 – Iniciar o scan no modo normal, onde o modelo 3D da folha é renderizado com todas as informações sobre ela, ou pelo UC01 – Iniciar o scan no modo quiz, onde o modelo 3D renderizado conta com lacunas nas informações dos componentes das folhas, que devem ser preenchidas pelo usuário, demonstrado no UC02 – identificar os componentes da folha, para a realização de uma validação de seus conhecimentos sobre a folha identificada através do UC07 – Validar as informações inseridas no quiz. Outra ação disponível para o usuário é representada no caso de uso UC09 – Consultar as folhas detectáveis pelo aplicativo, que permite consultar os formatos de folhas que são detectáveis pela aplicação.

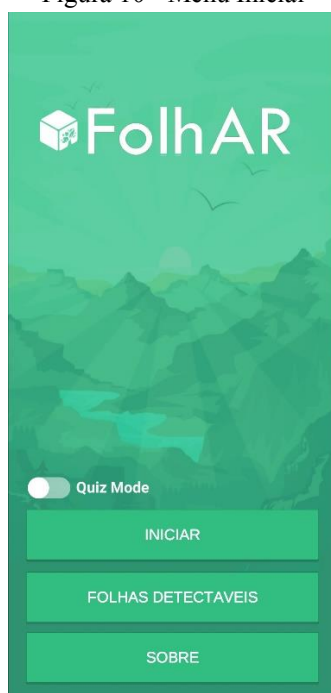
O caso de uso UC04 – Realizar o reconhecimento da folha inicia a rotina que identifica qual é o formato da folha que está sendo capturado pela câmera do celular. Em seguida, o caso de uso UC06 – Renderizar um modelo 3D da folha é executado para renderizar a folha com suas informações na tela do aparelho. Com o UC06 executado, o usuário pode então optar por executar mais uma ação, a UC08 – Capturar uma foto do conteúdo sendo mostrado na tela e salvar na galeria.

3.2 O APLICATIVO

O principal objetivo do aplicativo é auxiliar a busca de conhecimentos sobre folhas de plantas por intermédio da Realidade Aumentada, visando fazer a detecção de vários formatos e, a partir desta detecção, realizar a ancoragem de um modelo 3D da folha com informações pertinentes a ela. Nesta seção é apresentada uma visão geral do aplicativo para possibilitar a observação de como ele foi projetado para atender aos objetivos propostos.

A Figura 10 mostra a tela inicial do aplicativo. Esta tela conta com quatro botões, um que altera a aplicação para o Quiz Mode, outro para iniciar a detecção, outro para visualizar quais são os tipos e formatos de folhas detectadas pela aplicação e, por fim, um que apresenta algumas informações sobre o desenvolvimento do aplicativo.

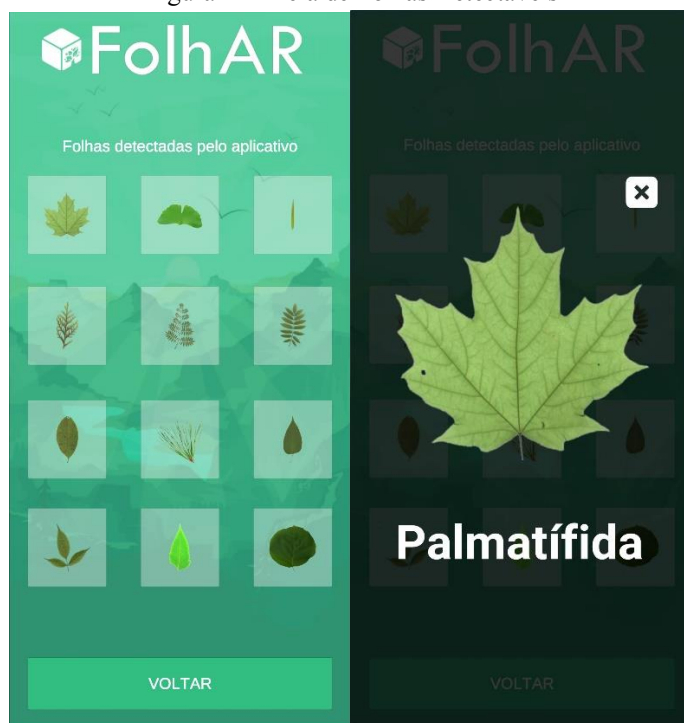
Figura 10 - Menu Inicial



Fonte: elaborado pelo autor.

Por existirem formatos e tipos de folhas demasiadamente vastos, a aplicação atua com um universo reduzido para um reconhecimento com maior assertividade. Para ajudar o usuário que está utilizando o aplicativo a identificar quais são os formatos de folhas detectáveis, foi elaborada uma tela que é ativada ao clicar-se o botão *Folhas Detectáveis*. A tela, demonstrada na Figura 11, exibe todos os tipos de folhas detectáveis em forma de botões que, ao serem pressionados, ativam uma tela pop up com uma imagem detalhada e o nome do formato da folha.

Figura 11 - Tela de Folhas Detectáveis



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao clicar no botão *Iniciar*, é aberta a tela principal da aplicação onde ocorre a detecção e, posteriormente, a renderização do objeto 3D da folha identificada. Nessa tela está presente a imagem obtida através da câmera do celular, assim como alguns botões, um para voltar à tela inicial e outro para reiniciar a detecção.

IMPLEMENTAÇÃO

A aplicação foi desenvolvida na plataforma Unity através de scripts C# e com o uso de alguns *packages*, tais como o Barracuda, para a parte de detecção de imagem, e o AR Foundation, para realizar a função de Realidade Aumentada.

O Barracuda necessita de um modelo ONNX de aprendizado de máquina para realizar a detecção conforme os dados do modelo. Assim sendo, o primeiro passo do desenvolvimento consistiu-se em fazer a criação do modelo. Como não foi possível encontrar um *dataset* pronto contendo os formatos das folhas necessárias, foi organizado um *dataset* próprio a partir da junção de três *datasets* diferentes para se ter uma variedade maior de imagens, sendo esses *datasets* o LeafSnap de Kumar *et al.* (2012), Flavia Dataset de Wu *et al.* (2007) e o *dataset* de Chouhan (2019). Desse modo, foi feita a junção de algumas imagens de cada um desses *datasets* e realizou-se sua rotulação conforme o formato de folha presente em cada uma. Este processo foi realizado com a ferramenta LabelImg. A utilização da ferramenta é descrita no APÊNDICE B. O *dataset* foi então treinado para gerar um modelo de extensão *weights*, que foi posteriormente convertido para a extensão *onnx*, esperado pelo Barracuda.

O modelo ONNX gerado é importado para o Unity em função do `ModelLoader.Load` do *package* Barracuda. Este método faz com que o modelo que se encontra em formato binário, seja transformado em um objeto `Model`, esperado pelo método `GraphicsWorker.GetWorker` do Barracuda, responsável por criar um objeto `Worker`. Este objeto faz com que o modelo gerado seja quebrado em pequenas *tasks* que são agendadas para serem executadas na GPU ou na CPU do dispositivo.

A rotina de detecção é iniciada ativando-se o método `Update` da classe `ARCamera`. A rotina verifica se a *flag* `isDetecting` é `true`. Caso ela não seja, o reconhecimento está apto a iniciar. Este controle é feito para que a aplicação não tenha mais de uma detecção rodando ao mesmo tempo, dado que o método `Update` é chamado uma vez por quadro e a rotina de detecção é executada de forma assíncrona, podendo demorar alguns quadros para finalizar. O bloco de código no Quadro 6 é responsável por iniciar a detecção.

Conforme visível no Quadro 6, a primeira ação a ser tomada no método é modificar o valor da *flag* `isDetecting` para `true`. Posteriormente, o método `ProcessImage` é chamado e é responsável por capturar o quadro atual e redimensioná-lo para um tamanho melhor adaptado para a detecção. O resultado dessa execução, uma imagem, é então utilizado como parâmetro para o método `Detect` da classe `Detector` que retorna as `BoudingBoxes` encontradas na detecção. Por último, a *flag* `isDetecting` é alterada novamente para `false`, para que outras detecções possam ocorrer nos quadros seguintes.

Quadro 6 - Método responsável por iniciar a detecção

```
private unsafe void StartToDetect()
{
    this.isDetecting = true;
    startCoroutine(ProcessImage(this.detector.IMAGE_SIZE, result =>
    {
        startCoroutine(this.detector.Detect(result, boxes =>
        {
            this.boxOutlinesFromThisFrame = boxes;
            Resources.UnloadUnusedAssets();
            this.isDetecting = false;
        }));
    }));
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

No método `Detect`, criado por Ashikhmin (2021) e modificado no presente trabalho é possível visualizar a criação do tensor (uma estrutura de dados) a partir da imagem do quadro, que é adicionada aos *inputs* da rede neural do Barracuda (Quadro 7). Com os *inputs* configurados, o `Worker` inicia a detecção e uma vez que ela termina, os resultados de duas camadas diferentes da rede neural são convertidos para `BoudingBoxes` por intermédio do método `ParseOutputs`. Por fim, os resultados são unidos e filtrados no método `FilterBoudingBoxes`, que aplica a estratégia *intersect over union* para encontrar `BoudingBoxes` que possam pertencer a um mesmo objeto (Quadro 8).

Outro ponto alterado durante os testes das ferramentas foi a forma com que o objeto 3D viria a ser ancorado. A princípio a tecnologia a ser utilizada para realizar este processo também seria o *package* OpenCV for Unity. Porém, após testes de implementação, observou-se que o objeto 3D se apresentava instável na cena, muitas vezes se movendo para os lados ou girando. Desta forma, a rotina de ancoragem do objeto foi alterada para a utilização do sistema do AR Foundation, o qual também apresentou resultados satisfatórios, eliminando o problema gerado pelo OpenCV.

4.2 TESTES DE FUNCIONALIDADE

No decorrer do desenvolvimento da aplicação diversos testes foram executados na plataforma Android visando garantir que as funcionalidades do aplicativo se comportassem conforme o esperado. Os testes foram realizados em um dispositivo móvel Xiaomi Redmi Note 8 Pro que suporta a tecnologia ARCore, um pré-requisito para o dispositivo funcionar. Nele foram realizados testes para verificar a rotina de detecção, a rotina de ancoragem do objeto 3D e alguns cenários relacionados a elas os quais poderiam ocorrer quando utilizados pelos usuários.

Os testes foram realizados constantemente ao longo do processo de desenvolvimento para garantir que cada nova funcionalidade implementada atendesse o propósito inicial de forma correta e sem impactar no restante da aplicação. Desta maneira, o desenvolvimento se deu de forma iterativa com a realização de frequentes refatorações no código para melhor atender as novas funcionalidades, sem romper com o objetivo inicial do aplicativo. Em uma dessas iterações, notou-se que a forma com que as informações sobre as folhas eram recuperadas não era ideal, visto que essa estava sendo feita através de requisições a outro serviço, criando assim a necessidade de uma conexão com Internet para o aplicativo funcionar corretamente. As informações foram então armazenadas dentro do próprio aplicativo em uma refatoração, para garantir que o aplicativo pudesse executar no campo, e em locais onde a conexão pode ser um problema.

Foram ainda realizados testes a fim de garantir um bom funcionamento da aplicação em diferentes cenários para identificar aspectos que podem vir a variar na utilização do aplicativo pelo usuário. Estes testes foram divididos em duas categorias; os testes ligados à detecção, como qual a melhor posição da folha da planta para uma detecção correta, a necessidade ou não de um fundo de cor sólida para um melhor destaque da folha, diferentes graus de luminosidade no cenário, entre outros; os testes relacionados à Realidade Aumentada, como testes movimentando o dispositivo móvel pelo ambiente para verificar se os objetos 3D se mantinham estáveis e testes garantindo a funcionalidade dos componentes tangíveis. Após a realização de um destes testes, em que se tentou realizar a detecção de folhas em vários fundos de cores distintas, foi constatado que a aplicação necessita que as folhas estejam sobre um fundo de cor branca para o reconhecimento funcionar corretamente, como é possível observar no Quadro 11. Assim como necessitam estarem em uma boa condição de iluminação, como por exemplo sob luz direta, descoberto durante o teste de detecção realizado com cinco formatos de folhas em quatro situações de iluminação diferentes, apresentado no Quadro 12.

Quadro 11 - Resultado da detecção com a folha sobre fundos de cores diferentes

Status detecção	Cor do fundo
Detectou	branco
Não detectou	vermelho, verde, amarelo, preto, azul, cinza, marrom, colorido

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 12 - Resultado da detecção com a folha em condições de iluminação distintas

Status detecção	Luz natural em ambiente exterior	Sombra de luz natural em ambiente exterior	Luz artificial em ambiente interior	Sombra de luz artificial em ambiente interior
Linear	Detectou	Detectou	Detectou	Detectou
Elíptica	Detectou	Não detectou	Detectou	Não detectou
Trifoliolada	Detectou	Não detectou	Detectou	Não detectou
Palmatífida	Detectou	Detectou	Detectou	Detectou
Pinulada	Detectou	Detectou	Detectou	Não detectou

Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 TESTES COM ACADÊMICOS E ESPECIALISTA DA ÁREA DE BIOLOGIA

Para validar se o projeto cumpriu com o objetivo proposto, a aplicação foi testada in loco na sala S-203 da FURB no dia 02 de junho 2021 pela Professora Roberta Andressa Pereira do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Regional de Blumenau e por um bolsista do curso. Fotos dos testes podem ser vistos no APÊNDICE C.

Foram recolhidas algumas folhas de plantas no campus I da FURB e levadas à sala para testes. No local, os entrevistados, que já estavam familiarizados com aplicações em Realidade Aumentada puderam testar o aplicativo, que estava ativo em dois dispositivos, e responder um formulário para recolher alguns resultados desse teste.

O questionário trazia um passo a passo demonstrando como utilizar a aplicação FolhAR, passando pelas principais funcionalidades, testando a usabilidade da aplicação para um usuário que acabou de iniciar o aplicativo e verificando se ele é capaz de navegar na aplicação sem problemas. Como resultado desta etapa, ambos conseguiram

completar o passo a passo sem dificuldades, necessitando ajuda em menos de três etapas. Para segunda parte do questionário foram formuladas algumas perguntas utilizando a escala Likert, visando-se classificar a usabilidade do aplicativo e verificar se cumpriu com o papel proposto, de ajudar os usuários a aprender sobre folhas de plantas com o auxílio da Realidade Aumentada. Os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Opinião dos entrevistados sobre o aplicativo

Usabilidade do aplicativo	5	100%
Cumpriu o objetivo de auxiliar no conhecimento de folhas de plantas com auxílio da Realidade Aumentada	5	100%
Recomendaria o aplicativo para quem deseja aprender mais sobre folhas de plantas	5	100%

Fonte: elaborado pelo autor.

Como constatado na Tabela 1, ambos os usuários concordam que o aplicativo cumpre seu objetivo de auxiliar no conhecimento de folhas de plantas com apoio da Realidade Aumentada. Ademais, a Professora Pereira (2021) comentou que o aplicativo é de grande valia para os estudantes do curso ministrado por ela, viu o mesmo com uma ótima forma de passar o conhecimento sobre folhas de plantas de uma maneira mais dinâmica e, por fim, apontou alguns ajustes de nomenclatura e descrição em alguns formatos de folhas.

Em comparação com os trabalhos correlatos, é possível notar que o trabalho apresentado faz a união das principais características dos trabalhos de Bortolon (2014) e de Oliveira e Prado (2018), possibilitando a detecção de formatos de folhas, assim como o de Bortolon (2014), e a apresentação de informações sobre esses formatos, tal como o de Oliveira e Prado (2018). Em relação ao PlantSnap (2020), é observado que embora o trabalho apresentado não tenha um reconhecimento tão avançado em relação ao número de plantas no *dataset*, o aplicativo proposto possibilita maior interação com a Realidade Aumentada e apresenta conteúdo específico sobre a folha detectada.

5 CONCLUSÕES


Com base nos resultados obtidos, o aplicativo alcançou seu objetivo de auxiliar no conhecimento de folhas de plantas por intermédio da Realidade Aumentada. O objetivo específico de utilizar a folha de uma planta como marcador para ancoragem do objeto 3D de Realidade Aumentada foi alcançado, porém necessitando de um fundo controlado para detecção da folha, como um fundo branco. O segundo objetivo específico, de analisar a eficácia do aplicativo com usuários da área de Biologia também foi alcançado com êxito e sem limitações. Mesmo os testes sendo realizados com um grupo pequeno de usuários, os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que foram executados por usuários pertencentes ao ramo de estudo da Biologia os quais indicaram pontos positivos à ideia do aplicativo, destacando seu potencial em contribuir na busca de conhecimentos de folhas de plantas em campo ou na sala de aula.

Após os empecilhos gerados pelas tecnologias inicialmente escolhidas, o projeto teve um desenvolvimento isento de grandes problemas na plataforma Unity com a utilização dos *packages* Barracuda e AR Foundation. O primeiro se mostrou muito eficiente na detecção de objetos de forma rápida e performática em dispositivos móveis, mesmo não possuindo um modelo de aprendizagem de máquina ideal para a identificação das folhas com uma precisão maior. Já o segundo, se apresentou eficiente nas rotinas de Realidade Aumentada, proporcionando fluidez e agilidade no desenvolvimento dessas rotinas.

Nesse sentido, o aplicativo desenvolvido apresenta contribuições técnicas e sociais. Como contribuição técnica destaca-se o conjunto de tecnologias utilizadas para o desenvolvimento, as quais demonstraram ser eficazes para o tipo de aplicação desenvolvida, combinando computação visual e realidade aumentada. Ressalta-se a dificuldade em reconhecer diferentes tipos de folhas em função das particularidades estruturais de cada uma delas, o que se apresenta como um desafio tecnológico. Como contribuição social, destaca-se o desenvolvimento de uma ferramenta aplicada ao ensino de uma área de conhecimento específica, utilizando tecnologias inovadoras e interativas permitindo aos estudantes ampliarem seus conhecimentos sobre folhas, sobretudo em aulas de campo, nas quais muitas vezes o acesso à Internet não é possível e onde há poucos recursos para consultas e conhecimentos sobre espécies de plantas.

Embora o trabalho cumpra com todos os objetivos propostos, possíveis melhorias e extensões de pesquisa foram levantadas para continuacões neste projeto:

- melhorias da detecção e classificação das folhas, evitando a necessidade da utilização de um fundo controlado atrás das folhas das plantas possibilitando inclusive que a detecção seja feita diretamente com base nas folhas presas às plantas;
- ampliar o *dataset* de modo a possibilitar o reconhecimento de um maior número de folhas;
- realizar não apenas a classificação de formatos das folhas, mas sim da espécie;
- salvar os resultados do modo quiz e criar um *ranking* entre os usuários;
- possibilitar a abertura da galeria de fotos diretamente pelo aplicativo;

- f)  o aplicativo com um maior número de usuários em situação de campo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Marcílio de; ALMEIDA, Cristina Vieira de. **Morfologia da folha de plantas com sementes**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2018. (111 p.). (Coleção Botânica, 3). ISBN: 978-85-86481-64-2. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/morfologia_folha.pdf. Acesso em: 31 mai. 2021.
- ARAUJO, Joniel Mendes, *et al.* Educação Ambiental: importância das aulas de campo em ambientes naturais para a disciplina de biologia no ensino médio da escola Joaquim Parente na cidade de Bom Jesus - PI. **Ensino, Saúde e Ambiente**, Bom Jesus, v. 8, n. 2, p. 25-36, set. 2015.
- ASHIKHMIN, Andrey. **TFClassify Unity Barracuda**. [S.l.], [2021]. Disponível em: <https://github.com/Syn-McJ/TFClassify-Unity-Barracuda>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators And Virtual Environments**, Malibu, v. 6, n. 4, p. 355-385, set. 1997.
- AZUMA, Ronald T.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. **Ieee Computer Graphics And Applications**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/38.963459>.
- AZUMA, Ronald T. Making Augmented Reality a Reality. **Imaging And Applied Optics 2017 (3D, Aio, Cosi, Is, Math, Pcaop)**, [S.L.], p. 1-3, 2017. OSA. <http://dx.doi.org/10.1364/3d.2017.jtu1f.1>.
- BORTOLON, Matheus. **Plantarum**: uma aplicação Android para consultas de plantas. 2014. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2014.
- CAMPOS, Carlos Roberto Pires. A saída a campo como estratégia de ensino de ciências. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v.1, n.2, p. 25-30, 2012.
- CHOUHAN, Siddharth Singh et al. A data repository of leaf images: Practice towards plant conservation with plant pathology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS, 4., 2019. **Proceedings** [...]. Seattle, WA. Madhav Institute of Technology & Science, 2019.
- FLECK, Leandro *et al.* Redes neurais artificiais: princípios básicos. **Revista Eletônica Ciência Inovação e Tecnologia**, Cascavel, v. 7, n. 15, p. 47-57, jun. 2016. ISSN 2175-1846.
- KIRNER, Claudio et al. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: SBC, 2006.
- KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis: SBC, 2007.
- KUMAR, Neeraj *et al.* Leafsnap: A computer vision system for automatic plant species identification. In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION, 2012. **Proceedings...** Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. p. 502-516.
- MATOS, Wendler Luis Nogueira et al. Redes Neurais Artificiais: fundamentos e aplicações em Engenharia Elétrica. In: ENCONTRO REGIONAL DOS GRUPOS DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL DA REGIÃO NORTE, 7., 2020. **Anais** [...]. Online. UNIR, 2020.
- MICROSOFT. **ONNX models**. [S.l.], [2019]. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/ai/windows-ml/get-onnx-model>. Acesso em: 29 maio 2021.
- MORAIS, M. B.; PAIVA, M. H. **Ciências – ensinar e aprender**. Belo Horizonte: Dimensão, 2009.
- OLIVEIRA, Guilherme Mello; PRADO, Ely F. GAIA: desenvolvimento de sistema baseado em realidade aumentada para auxiliar a escolha e cultivo de plantas ornamentais em centros de paisagismo. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, Franca, v. 9, n. 1, p. 1-27, jan. 2018.
- PEREIRA, Roberta Andressa. **Apresentação e testes do aplicativo FolhAR**. 2021. Entrevistador: Bruno Geisler Vigentas. Blumenau. 2021. Entrevista feita através de conversação – não publicada.
- PLANTSAP. **Plant Identifier App, #1 Mobile App for Plant Identification**, 2020. Disponível em: <https://www.plantsnap.com/>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- SCHMALSTIEG, Dieter; HÖLLERER, Tobias. **Augmented Reality: principles and practice**. Boston: Addison-Wesley, 2016. 473 p.
- SOUSA, Cristiane Aureliano, *et al.* A aula de campo como instrumento facilitador da aprendizagem em Geografia no Ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 22, p. 1-1, 25 out. 2016. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/16/22/a-aula-de-campo-como-instrumento-facilitador-da-aprendizagem-em-geografia-no-ensino-fundamental>. Acesso em: 08 fev. 2021.
- UNESP. **Árvores do campus**. [S.l.], [2004]. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/arvoresdocampus/glossario.htm>. Acesso em: 10 mar. 2021.