

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

PRODUTO EDUCACIONAL

rotAR: UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA PARA O
ENSINO DE PRECESSÃO GIROSCÓPICA.

Thallyson Menen Silva de Moura
Tibério Magno de Lima Alves

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: *rotAR: REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DE PRECESSÃO GIROSCÓPICA NO ENSINO MÉDIO*, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN Natal-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O presente produto educacional, intitulado *rotAR*, consiste em um aplicativo interativo de realidade aumentada desenvolvido como recurso didático para o ensino de Física, com foco específico no fenômeno da precessão giroscópica. Voltado para estudantes da 1ª série do Ensino Médio, o aplicativo busca ampliar a compreensão conceitual sobre a dinâmica de corpos rígidos em rotação, notadamente os vetores de momento angular, torque gravitacional e sua variação.

A proposta surge da constatação de que muitos conteúdos da Física moderna e clássica permanecem de difícil assimilação pelos alunos, sobretudo pela abstração dos conceitos e pela escassez de experimentos que permitam sua visualização prática. O fenômeno da precessão, por exemplo, embora previsto teoricamente nas leis da Mecânica, é raramente explorado em sala de aula por falta de recursos adequados. O *rotAR* visa preencher essa lacuna ao oferecer uma experiência imersiva, que permite ao aluno interagir com simulações tridimensionais e observar diretamente como a modificação de variáveis físicas altera o comportamento do sistema rotacional.

O aplicativo foi estruturado para ser utilizado como ferramenta em aulas investigativas, integrando momentos de exposição dialogada, exploração experimental virtual e reflexão coletiva. A lógica de desenvolvimento e aplicação do *rotAR* foi inspirada nas contribuições pedagógicas de Seymour Papert, especialmente em sua defesa do construcionismo como abordagem centrada no aprender fazendo e na mediação tecnológica significativa.

Este material está orientado a professores da Educação Básica que desejam diversificar suas estratégias didáticas por meio do uso de tecnologia, oferecendo não apenas o aplicativo, mas também um plano de aula, sugestões de sequência didática, orientações para mediação e instrumentos de avaliação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Sumário

APRESENTAÇÃO.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. PÚBLICO-ALVO E CONTEXTO DE APLICAÇÃO	5
3. OBJETIVOS EDUCACIONAIS DO ROTAR	5
4. REQUISITOS TÉCNICOS	5
5. INSTALAÇÃO E ACESSO AO APLICATIVO	6
6. DESCRIÇÃO GERAL DO FUNCIONAMENTO	6
7. DESCRIÇÃO DAS CENAS DO APLICATIVO (GUIA DIDÁTICO).....	7
7.1. CENA 1 – RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE ANGULAR E VELOCIDADE DE PRECESSÃO	7
7.2. CENA 2 – RELAÇÃO ENTRE ÂNGULO DE INCLINAÇÃO E VELOCIDADE DE PRECESSÃO	7
7.3. CENA 3 – VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS VETORES ENVOLVIDOS	10
7.4. CENA 4 – TORQUE E VARIAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR	12
7.5. CENA 5 – VISUALIZAÇÃO LIVRE E TRAJETÓRIA DA PRECESSÃO.....	13
8. ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS PARA O PROFESSOR (SEQUÊNCIA RECOMENDADA).....	14
9. SUGESTÃO DE ATIVIDADE AVALIATIVA	15
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	15

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física no Ensino Médio, especialmente no que diz respeito aos conteúdos de Mecânica, enfrenta desafios históricos relacionados à abstração conceitual, à ausência de experimentação acessível e à falta de conexão com a realidade dos estudantes. Conceitos como momento angular, torque e precessão, por exemplo, são frequentemente abordados apenas de forma teórica, com representação limitada a esquemas bidimensionais no quadro ou nos livros didáticos. Essa abordagem acaba por dificultar a compreensão dos estudantes e comprometer o processo de construção do conhecimento científico.

Compreendendo essa dificuldade, surgiu a proposta de desenvolver um recurso didático que auxilie na visualização e exploração desses conceitos de forma dinâmica e interativa. O presente produto educacional, intitulado *rotAR*, consiste em um aplicativo de realidade aumentada que simula o fenômeno da precessão giroscópica, permitindo ao aluno observar, manipular variáveis e visualizar vetores em movimento tridimensional. A ideia central é que, ao integrar visualização espacial e interatividade, o ensino dos conceitos físicos possa se tornar mais significativo, acessível e motivador.

A escolha da realidade aumentada como tecnologia base se justifica pela sua capacidade de integrar o mundo real e o virtual, proporcionando uma experiência educativa inovadora, sem demandar infraestrutura laboratorial complexa. Por meio do uso de dispositivos móveis como smartphones ou tablets, o estudante tem a possibilidade de interagir com o modelo tridimensional de um giroscópio em movimento, alterando parâmetros como a velocidade angular, o ângulo de inclinação e observando diretamente a variação do vetor momento angular.

O desenvolvimento do *rotAR* está fundamentado nos princípios do construcionismo de Seymour Papert, que valoriza a aprendizagem ativa e o uso de tecnologias como ferramentas de expressão e investigação. A aplicação do produto em sala de aula foi pensada de modo a promover um ambiente investigativo, em que os alunos sejam incentivados a formular hipóteses, testar variáveis e construir compreensões mais profundas sobre os fenômenos físicos envolvidos.

Dessa forma, este produto educacional busca não apenas oferecer um recurso tecnológico inovador, mas contribuir efetivamente para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem da Física no Ensino Médio, aproximando os estudantes de temas tradicionalmente considerados difíceis e promovendo uma aprendizagem mais ativa, visual e significativa.

2. PÚBLICO-ALVO E CONTEXTO DE APLICAÇÃO

O *rotAR* destina-se principalmente a:

- Estudantes do **Ensino Médio** (regular ou técnico integrado);
- Turmas em que o conteúdo de **rotação de corpo rígido, torque, momento angular e precessão** esteja previsto no planejamento.

O aplicativo pode ser utilizado em:

- Aulas presenciais (recomendado);
- Momentos de atividade prática orientada;
- Situações de revisão e consolidação conceitual, após aula expositiva.

Observação pedagógica: o uso do *rotAR* é mais produtivo quando o estudante já teve contato prévio (mesmo que introdutório) com os conceitos de velocidade angular, momento angular, torque e interpretação vetorial.

3. OBJETIVOS EDUCACIONAIS DO ROTAR

Ao utilizar o *rotAR*, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- Reconhecer a precessão como resposta do sistema ao torque gravitacional.
- Identificar e nomear vetores relevantes no movimento (peso, torque, momento angular e variações associadas).
- Relacionar direção e sentido do torque com o comportamento do eixo de rotação durante a precessão.
- Explorar variáveis disponíveis no aplicativo e descrever como a simulação responde a alterações de parâmetros.
- Interpretar criticamente discrepâncias entre intuição visual e modelo físico implementado, com mediação do professor.
- Aplicar conhecimentos conceituais e procedimentais para responder questões sobre precessão e vetores.

4. REQUISITOS TÉCNICOS

Para utilizar o *rotAR*, recomenda-se:

- **Dispositivo:** smartphone ou tablet
- **Sistema operacional:** Android

Recursos necessários:

- Câmera funcional;
- Espaço livre para instalação;

Nota técnica: por se tratar de um aplicativo de Realidade Aumentada, o desempenho pode variar conforme o aparelho. Recomenda-se realizar testes prévios com pelo menos dois dispositivos diferentes antes da aplicação em sala.

5. INSTALAÇÃO E ACESSO AO APLICATIVO

O aplicativo *rotAR* pode ser acessado por meio de:

- Link de download/instalação do APP na sua versão APK:
<https://drive.google.com/file/d/1jxhcrORbs9SiUHxgoGCFFQtvuVXypRZV/view?usp=sharing>
- Link Para Baixar o QR Code (Imagem gatilho que ativará as cenas):
https://drive.google.com/file/d/1u59KBWB36meQru0vQ_JTQx1ecJigXNa_/view?usp=sharing

Procedimento de instalação (sugestão para professor):

1. Solicite que os estudantes se conectem ao Wi-Fi (quando disponível) para evitar consumo de dados móveis.
2. Oriente o download do aplicativo por meio do link.
3. Peça que confirmem as permissões solicitadas (especialmente uso da câmera).
4. Antes do início da atividade, peça que abram o aplicativo e verifiquem se a câmera inicia corretamente.

6. DESCRIÇÃO GERAL DO FUNCIONAMENTO

O *rotAR* funciona por meio da **sobreposição de elementos virtuais** (modelo do giroscópio e vetores) ao ambiente real, visualizado pela câmera do dispositivo. Após iniciar o aplicativo, o estudante utiliza a câmera (Apontada para a imagem gatilho) para visualizar a cena em Realidade Aumentada e interage com botões e controles disponíveis para:

- Alternar entre cenas;
- Visualizar vetores e elementos auxiliares;
- Modificar parâmetros (quando habilitado);

- Observar a resposta dinâmica do sistema.

O professor pode conduzir a exploração de modo orientado, direcionando a atenção dos estudantes para:

- O comportamento do eixo;
- A orientação dos vetores;
- Relações entre torque e mudança do momento angular;
- Interpretação do movimento de precessão.

7. DESCRIÇÃO DAS CENAS DO APLICATIVO (GUIA DIDÁTICO)

O aplicativo *rotAR* é organizado em cinco cenas (Figura 1), estruturadas de forma progressiva, permitindo ao estudante explorar o fenômeno da precessão giroscópica a partir da manipulação controlada de variáveis físicas e da visualização tridimensional de vetores. Cada cena possui um objetivo pedagógico específico, contribuindo para a construção gradual do entendimento conceitual do fenômeno.

Figura 1 - Terceira tela do aplicativo (Escolha da cena a ser visualizada).



Fonte: Autoria própria (2025).

7.1. CENA 1 – RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE ANGULAR E VELOCIDADE DE PRECESSÃO

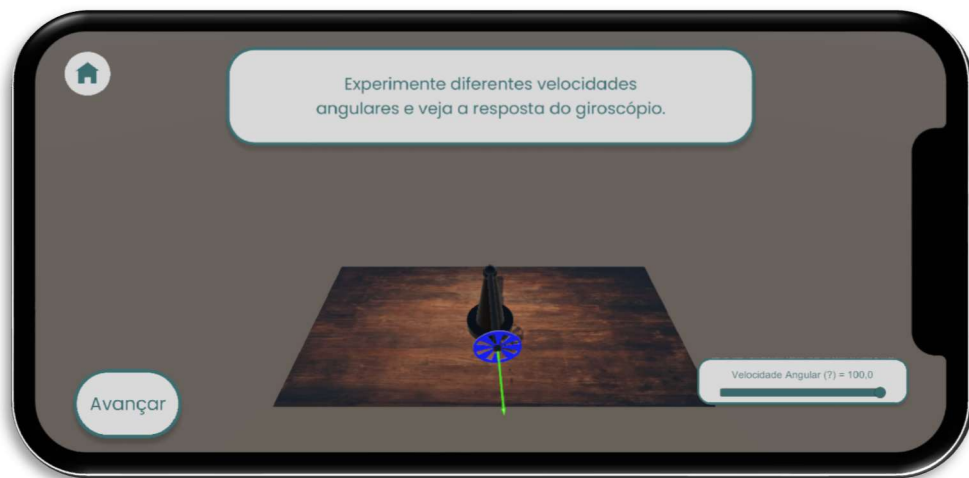
Objetivo pedagógico: Investigar a relação entre a velocidade angular do disco e o comportamento da precessão do giroscópio.

Descrição da cena: Nesta cena, o giroscópio encontra-se com o ângulo de inclinação fixo em 90° , eliminando variações geométricas do sistema. O estudante pode alterar exclusivamente a velocidade angular, que varia entre $+100 \text{ rad/s}$ e -100 rad/s . À medida que esse valor é modificado, o aluno observa o comportamento da precessão do giroscópio e a variação do vetor velocidade angular, que aumenta ou diminui de módulo e inverte seu sentido quando o valor da velocidade passa de positivo para negativo.

Aspectos a serem explorados pelo professor:

- Distinção entre rotação do disco e movimento de precessão;
- Interpretação do vetor velocidade angular como grandeza vetorial (módulo, direção e sentido);
- Observação do efeito da inversão do sentido da rotação sobre o sistema.

Figura 2 - Primeira cena: Visualização do vetor momento angular quando a velocidade angular for positiva.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 3 - Primeira cena: Visualização do vetor momento angular quando a velocidade angular for negativa.



Fonte: Autoria própria (2025).

7.2. CENA 2 – RELAÇÃO ENTRE ÂNGULO DE INCLINAÇÃO E VELOCIDADE DE PRECESSÃO

Objetivo pedagógico: Analisar se a variação do ângulo de inclinação do giroscópio influencia a velocidade de precessão no modelo implementado.

Descrição da cena: Nesta cena, a velocidade angular é mantida fixa em 100 rad/s, enquanto o estudante pode variar o ângulo de inclinação do giroscópio entre 90° e 0°. O objetivo é levar o aluno a observar se a modificação do ângulo altera ou não a velocidade de precessão, promovendo a comparação entre percepção visual e o comportamento físico modelado pelo aplicativo.

Aspectos a serem explorados pelo professor:

- Discussão sobre hipóteses intuitivas dos estudantes;
- Distinção entre impressão visual e modelo físico;
- Reflexão sobre quais grandezas efetivamente influenciam a precessão.

Figura 4 - Segunda cena: Relação entre o ângulo de inclinação do volante e a velocidade de precessão.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 5 - Segunda cena: Visualização do volante com ângulo de inclinação em 45° .



Fonte: Autoria própria (2025).

7.3. CENA 3 – VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS VETORES ENVOLVIDOS

Objetivo pedagógico: Permitir a identificação e a interpretação tridimensional dos vetores fundamentais associados à precessão giroscópica.

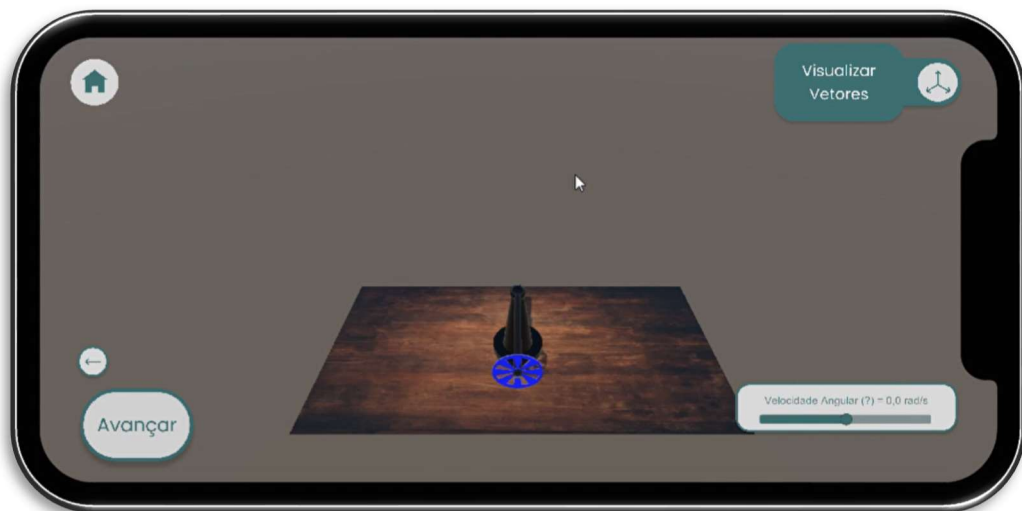
Descrição da cena: O giroscópio retorna à posição de 90° de inclinação, e o estudante volta a interagir com a velocidade angular, variando entre $+100 \text{ rad/s}$ e -100 rad/s . Nesta cena, surge um novo botão que permite a visualização dos vetores físicos fundamentais: peso, torque e momento angular. Esses vetores são exibidos tridimensionalmente e acompanham o

movimento do sistema, permitindo ao aluno observar para onde apontam e como se relacionam durante a precessão.

Aspectos a serem explorados pelo professor:

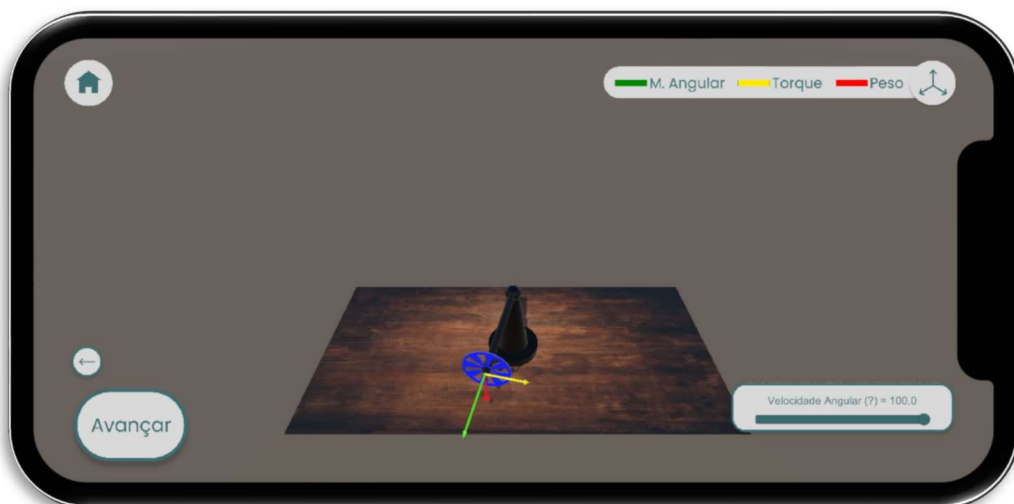
- Identificação dos vetores e suas direções no espaço;
- Relação entre torque e variação do momento angular;
- Leitura vetorial tridimensional, evitando interpretações bidimensionais simplificadas.

Figura 6 - Terceira cena: Abertura da cena de visualização dos 3 vetores mais importantes da precessão (Torque, Peso e Momento angular).



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 7 - Terceira cena: Visualização dos 3 vetores após sua ativação.



Fonte: Autoria própria (2025).

7.4. CENA 4 – TORQUE E VARIAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR

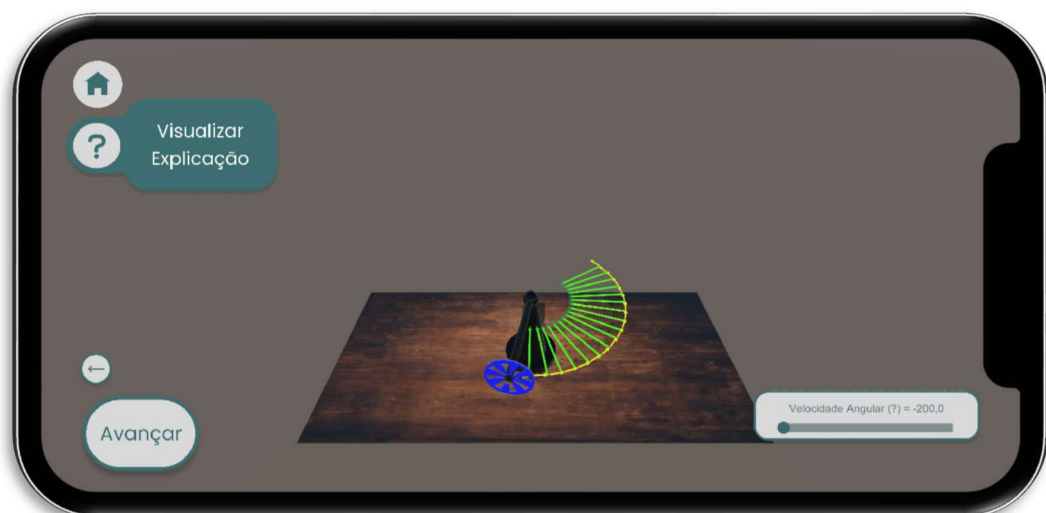
Objetivo pedagógico: Evidenciar a relação entre o torque aplicado e a variação do vetor momento angular ao longo do tempo.

Descrição da cena: Nesta cena, o giroscópio permanece fixo em 90° de inclinação, e o estudante pode variar a velocidade angular entre $+200$ rad/s e -200 rad/s. O foco da cena é a visualização da variação do vetor momento angular, que é instanciado repetidamente à medida que o torque atua sobre o sistema, acompanhando o movimento de precessão. Um novo botão identificado pelo símbolo “?” exibe, na própria tela, uma breve explicação conceitual sobre a relação física entre torque e variação do momento angular.

Aspectos a serem explorados pelo professor:

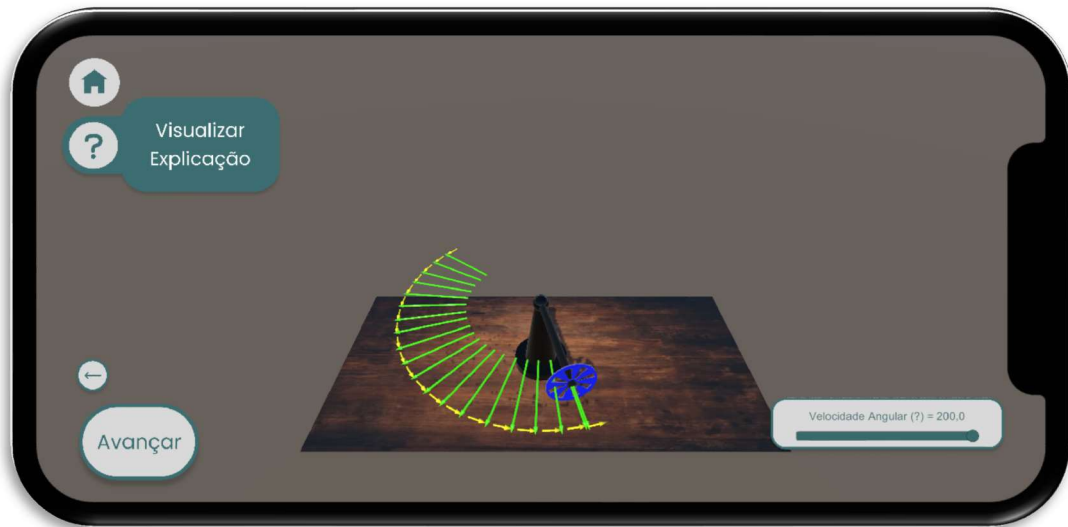
- Compreensão de que o torque não “gira” o momento angular, mas altera sua direção;
- Interpretação vetorial da relação $\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$;
- Uso da explicação textual como apoio conceitual durante a exploração.

Figura 8 - Quarta cena: Visualização da variação do momento angular em função do torque (Velocidade angular positiva).



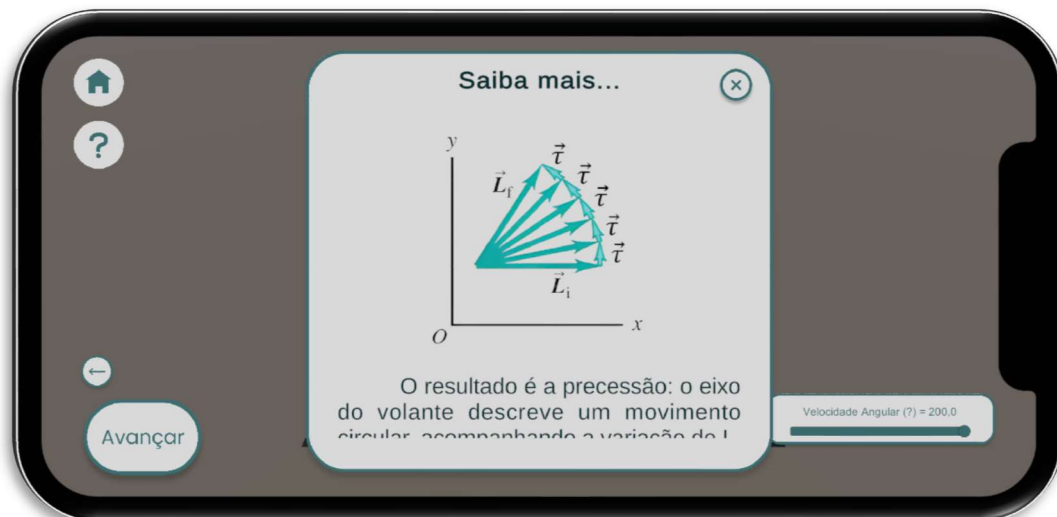
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 9 - Quarta cena: Visualização da variação do momento angular em função do torque (Velocidade angular negativa).



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 10 - Quarta cena: Opção “Saiba mais” contendo uma explicação mais detalhada da cena.



Fonte: Autoria própria (2025).

7.5. CENA 5 – VISUALIZAÇÃO LIVRE E TRAJETÓRIA DA PRECESSÃO

Objetivo pedagógico: Permitir uma exploração integrada e investigativa do fenômeno da precessão giroscópica.

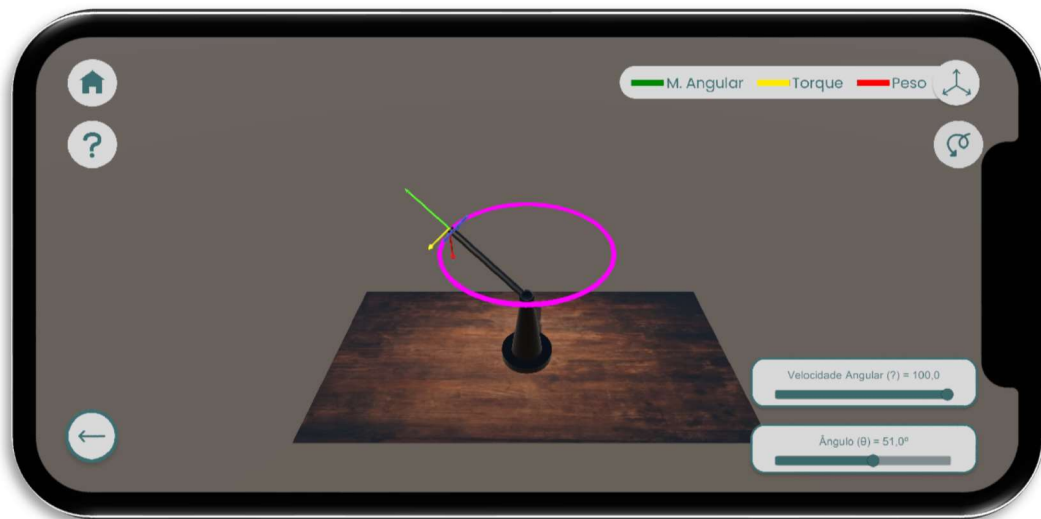
Descrição da cena: Na cena final, o estudante pode interagir simultaneamente com todas as variáveis: ângulo de inclinação, velocidade angular e visualização dos vetores. Além disso, há

a adição de um novo botão denominado “trajetória”, que permite visualizar a trajetória circular do movimento de precessão, representada graficamente no espaço. Essa cena possibilita a formulação e o teste de hipóteses pelos estudantes, bem como a análise de limites visuais e computacionais do aplicativo.

Aspectos a serem explorados pelo professor:

- Consolidação dos conceitos explorados nas cenas anteriores;
- Análise crítica de possíveis discrepâncias visuais;
- Discussão sobre limites do modelo e do dispositivo.

Figura 11 - Quinta cena: Botão da “Trajetória da precessão” .



Fonte: Autoria própria (2025).

8. ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS PARA O PROFESSOR (SEQUÊNCIA RECOMENDADA)

A duração sugerida para aplicação do produto é de 3h (ajustável conforme a turma). A sequência deve seguir, preferencialmente, as 3 seguintes etapas de aplicação:

Etapa 1 – Preparação conceitual (aula expositiva, 60 – 90 min):

- Revisar: velocidade angular, momento de inércia, momento angular, torque e noção vetorial (direção/sentido).
- Apresentar o fenômeno da precessão como “mudança de direção do eixo em resposta ao torque”.

Etapa 2 – Exploração guiada do rotAR (30 - 60 min):

- Organizar estudantes em duplas (recomendado) para reduzir riscos de incompatibilidade de aparelhos.
- Orientar a exploração cena a cena, com perguntas norteadoras.
- Intercalar pausas para discussão de interpretações.

Etapa 3 – Avaliação (30 – 60 min):

- Aplicar questionário (conceitual + percepção) ou atividade equivalente.

9. SUGESTÃO DE ATIVIDADE AVALIATIVA

Como avaliação, recomenda-se a utilização do questionário presente no **Apêndice B**, contudo o questionário pode ser modificado pelo professor desde que busque, preferencialmente, combinar:

1. **Questões conceituais objetivas**, por exemplo:

- Identificação de vetores (peso, torque, momento angular);
- Relação entre inversão do sentido de rotação e orientação do torque;
- Interpretação do que muda ao variar parâmetros.

2. **Questão aplicada/procedimental**, por exemplo:

- Cálculo simples associado à velocidade de precessão (conforme abordagem usada em sala).

3. **Questão aberta de percepção**, por exemplo:

- “O aplicativo ajudou na compreensão? Justifique. Aponte possíveis falhas ou melhorias.”

Observação: para turmas com maior dificuldade, pode-se substituir a questão de cálculo por uma questão de interpretação qualitativa do comportamento do sistema.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PRODUTO EDUCACIONAL

O *rotAR* foi concebido como um recurso didático que amplia possibilidades de visualização e investigação em conteúdos de rotação e precessão. Seu uso tende a ser mais efetivo quando integrado a uma proposta pedagógica com mediação docente, exploração orientada e avaliação conceitual. Por se tratar de Realidade Aumentada em dispositivos móveis, recomenda-se que o professor realize testes prévios, organize os estudantes em duplas e adote estratégias de contingência para eventuais limitações técnicas. O produto pode ser

reutilizado e adaptado em diferentes turmas e contextos, contribuindo para tornar mais acessível um fenômeno reconhecidamente complexo no ensino de Física.