

Neural Turing Machine

UMA PROPOSTA PARA LÓGICA PROPOSICIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Jeffersson de Carvalho - 20240001485

Sumário

- **Introdução – 3**
- **Justificativa – 4**
- **Objetivos – 5**
- **Máquina de Turing – 6**
- **Fundamentação Teórica – 7**
- **Metodologia – 8**
- **Resultados – 9**
- **Conclusão – 18**
- **Referências – 19**

Introdução

- **Proposta em 2014 pela DeepMind**
- **Neural Turing Machines combinam redes neurais com memória externa, inspiradas na máquina de Turing**
- **Elas permitem ler, escrever e modificar dados em uma memória, ampliando a capacidade de aprendizado**
- **A memória externa é utilizada de forma adaptativa, permitindo ao modelo aprender algoritmos de forma dinâmica**
- **As NTMs expandem o poder das redes neurais, permitindo raciocínio e processamento sequencial de informações**

Justificativa

- **Limitações dos Modelos Tradicionais:** Modelos de redes neurais tradicionais
- **Avanços em Processamento Simbólico:** As NTMs oferecem um avanço significativo no processamento simbólico
- **Capacidade de Memória Externa:** As Neural Turing Machines ao integrar uma memória externa, permitindo que o modelo acesse e modifique informações de forma dinâmica e flexível, de maneira similar à memória de um computador

Objetivos

- **Explorar o Conceito de NTM: Compreender o funcionamento das Neural Turing Machines**
- **Analisar Aplicações Práticas: Investigar as principais aplicações das NTMs em tarefas que exigem processamento sequencial e manipulação de memória**
- **Avaliar Desempenho e Eficiência: Estudar o desempenho das NTMs em comparação com outros modelos de redes neurais**

Máquina de Turing

- **A Máquina de Turing é um modelo teórico de computação criado por Alan Turing, usado para formalizar o conceito de algoritmo e computação**
- **Composição: Consiste em uma fita infinita que pode ser lida e escrita, um cabeçote de leitura/escrita, e uma tabela de estados que define as ações do cabeçote dependendo do símbolo lido na fita**
- **Inspiração para Redes Neurais: As Neural Turing Machines se inspiraram na Máquina de Turing ao integrar uma memória externa dinâmica, permitindo que redes neurais aprendam e manipulem dados de forma adaptativa, como a Máquina de Turing faz com sua fita**

Fundamentação Teórica

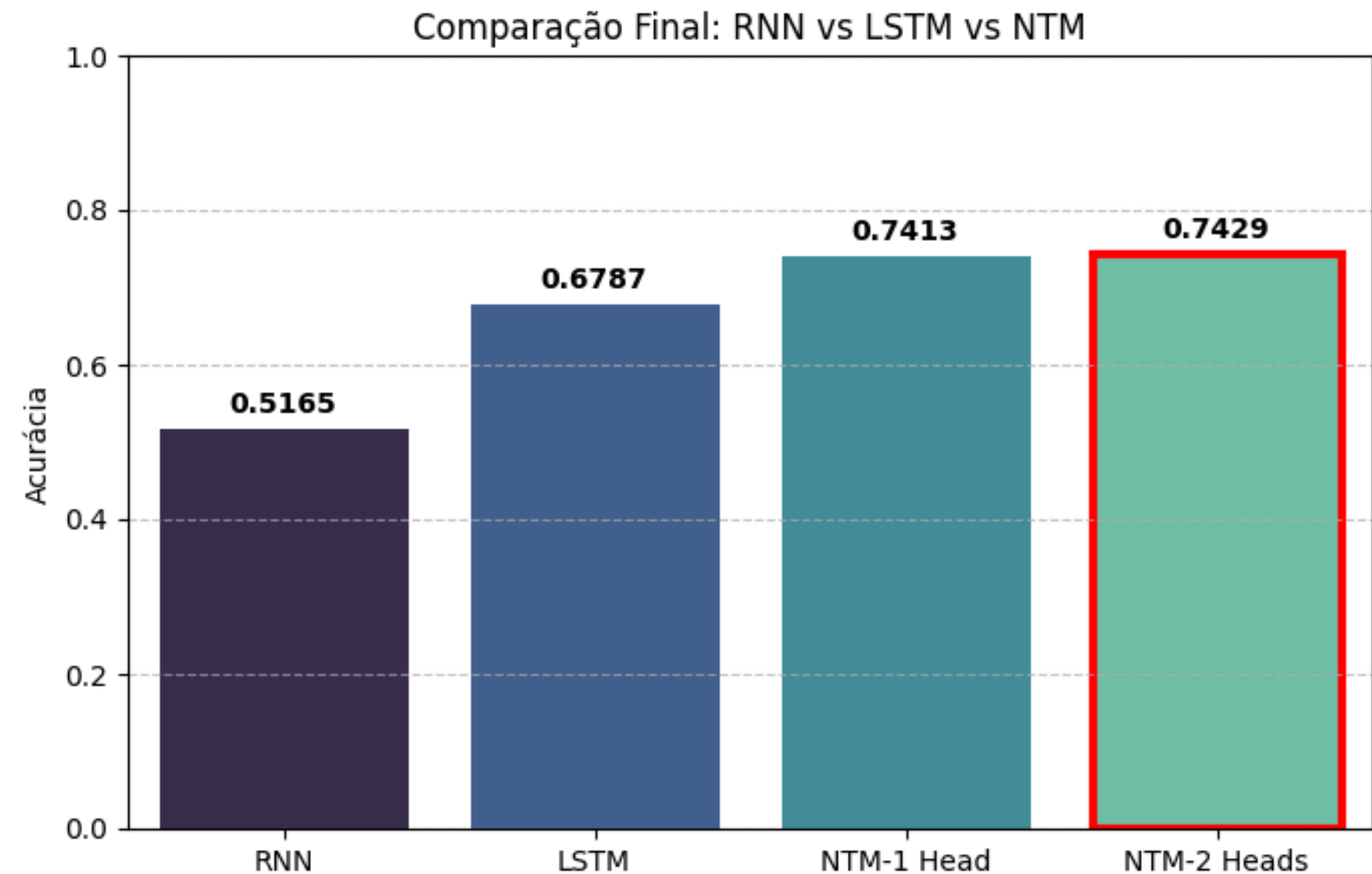
- **As NTMs foram inspiradas pela Máquina de Turing, que é um modelo teórico fundamental para a computação**
- **A grande inovação das NTMs é a introdução de uma memória externa (ou fita) que pode ser lida e escrita de maneira contínua e adaptativa. Ao contrário de redes neurais convencionais, que dependem de informações fixas durante o treinamento, as NTMs têm a capacidade de "lembrar" e modificar dados durante o processo de aprendizado**
- **As NTMs são projetadas para resolver problemas que exigem raciocínio sequencial e manipulação simbólica. Isso torna as NTMs mais poderosas em tarefas como a execução de algoritmos, manipulação de listas, ou até mesmo a solução de problemas de raciocínio lógico, áreas onde redes neurais tradicionais falham**

Metodologia – NTM para Lógica Proposicional

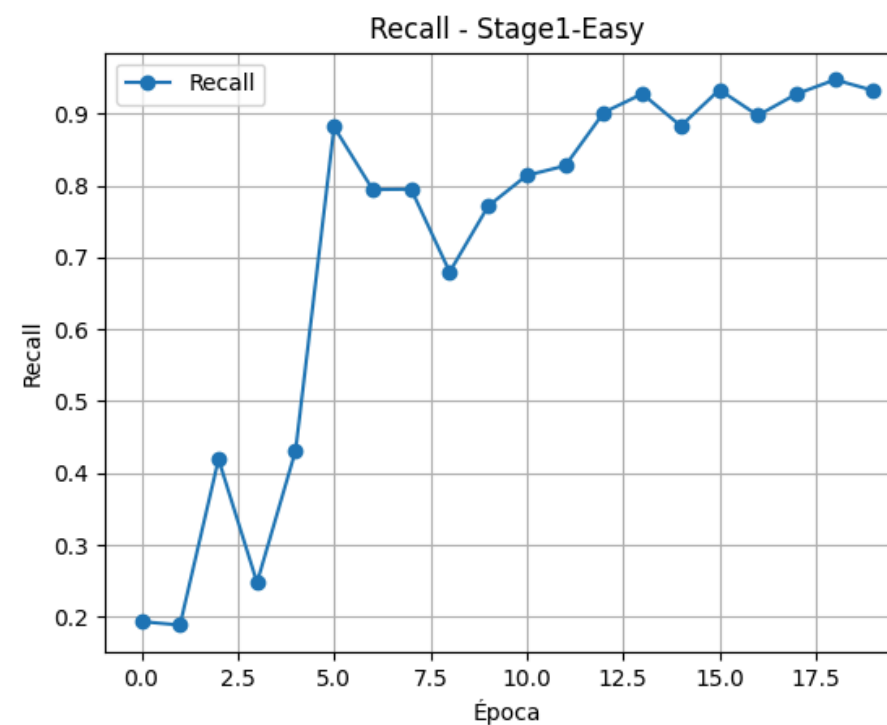
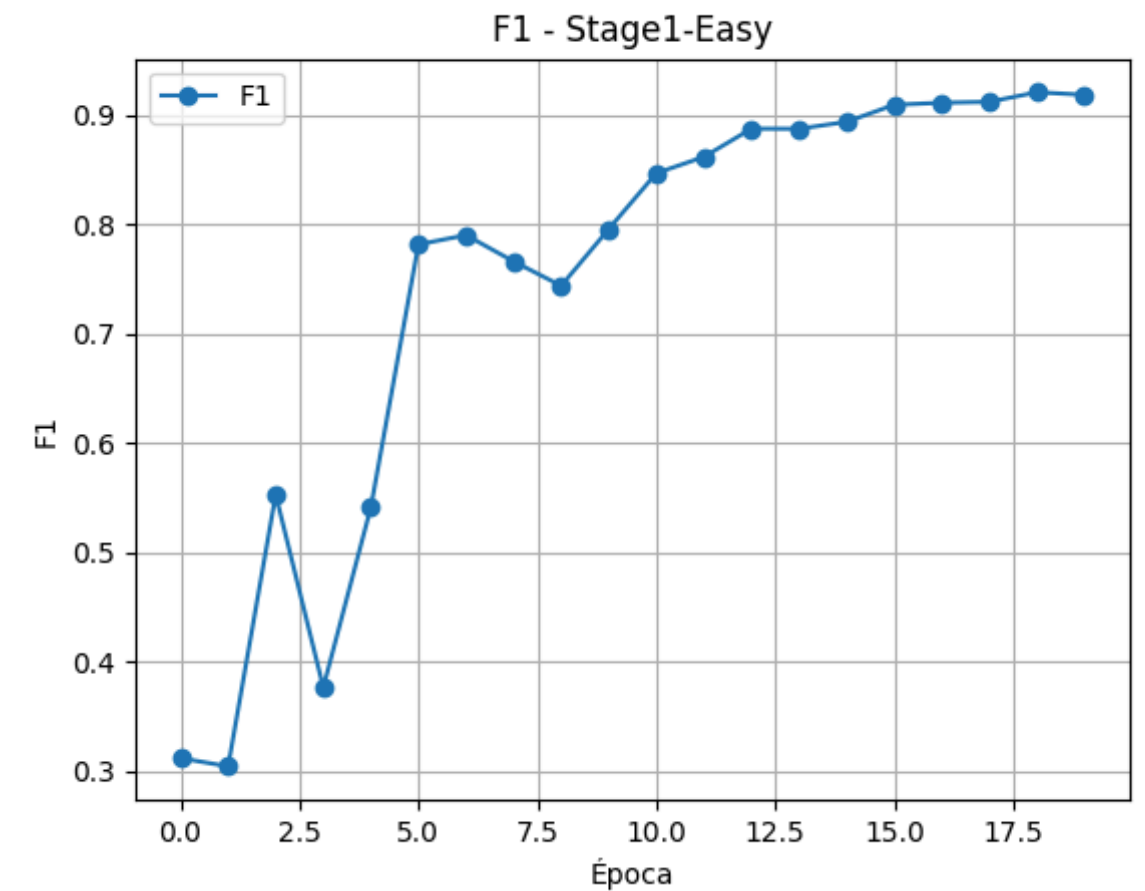
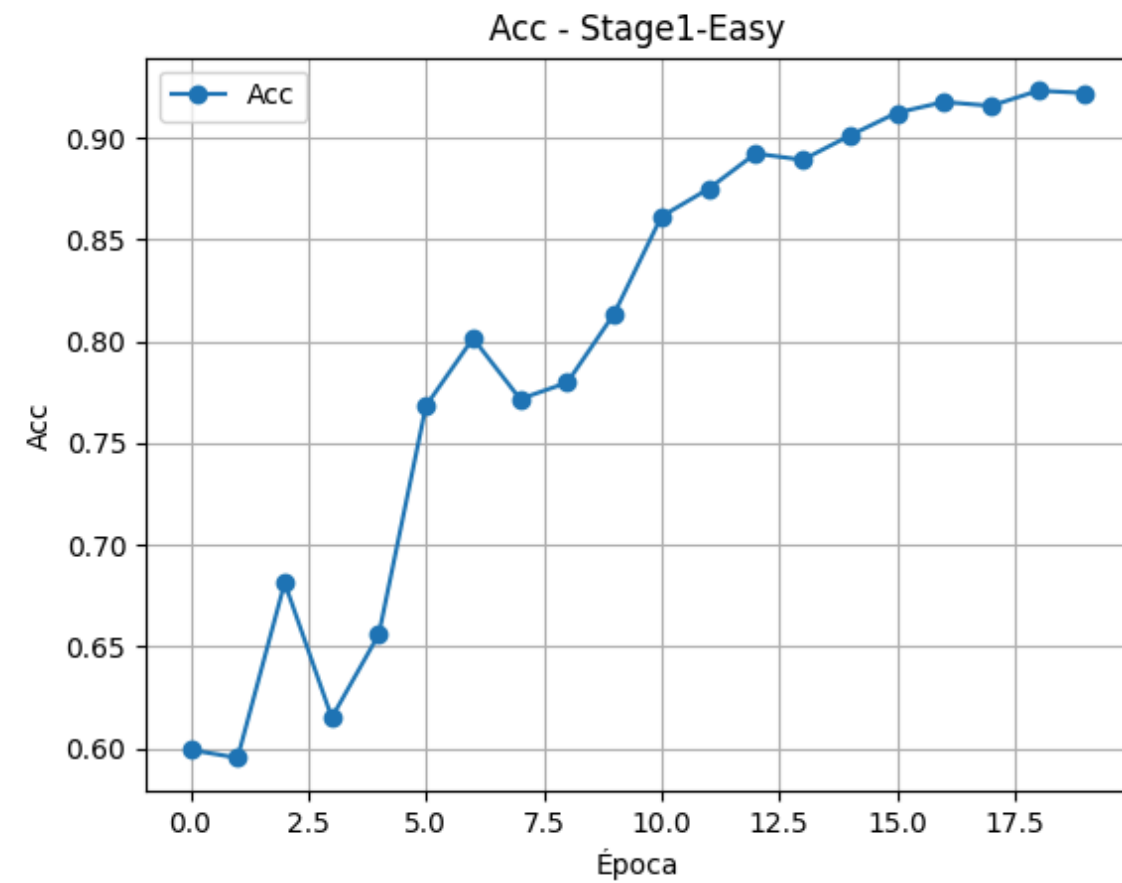
- **Objetivo do Modelo:**
 - Resolver a validade de expressões lógicas com até 64 tokens (ex: " $\neg A \wedge B \rightarrow C$ ")
- **Processamento e Memória:**
 - Entrada: Sequência de tokens representando expressões lógicas + valores de variáveis.
 - Memória Externa: Controlada por dois níveis de LSTM, permitindo leitura e escrita diferenciável.
 - Predição: Produz uma predição binária (True/False) sobre a validade da expressão.
- **Curriculum Learning:**
 - Treinamento progressivo (fácil \rightarrow médio \rightarrow difícil) com early stopping (3 épocas sem melhoria).
- **Avaliação:**
 - Métricas: F1, Recall, Acurácia, AUC.
 - Comparação entre NTM (1 head vs 2 head), RNN e LSTM.
- **Hiperparâmetros:**
 - EMB, CTRL = 128, 256 | BS = 128 | LR = $5e-4$

Resultados

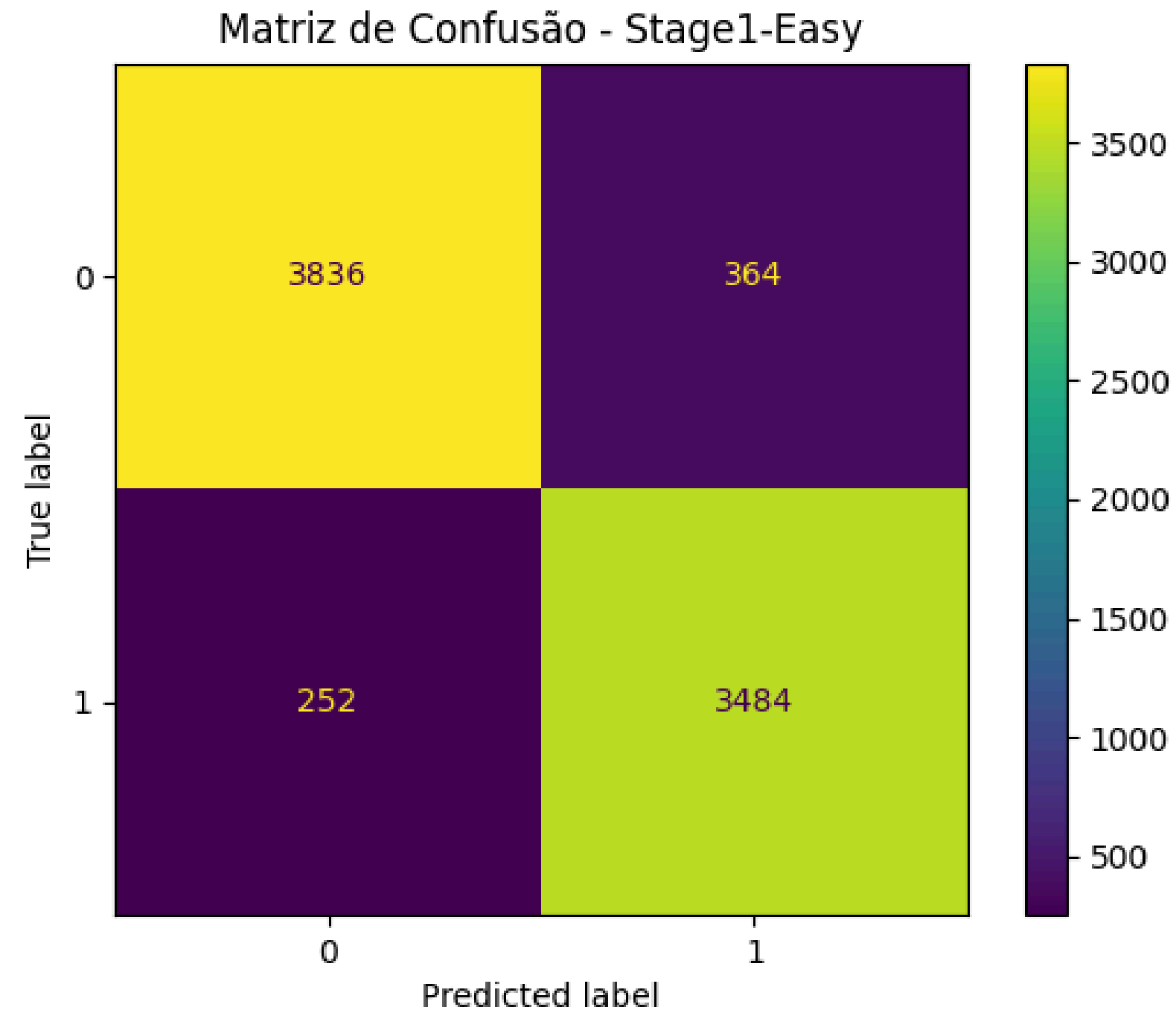
RNN vs LSTM vs NTM:



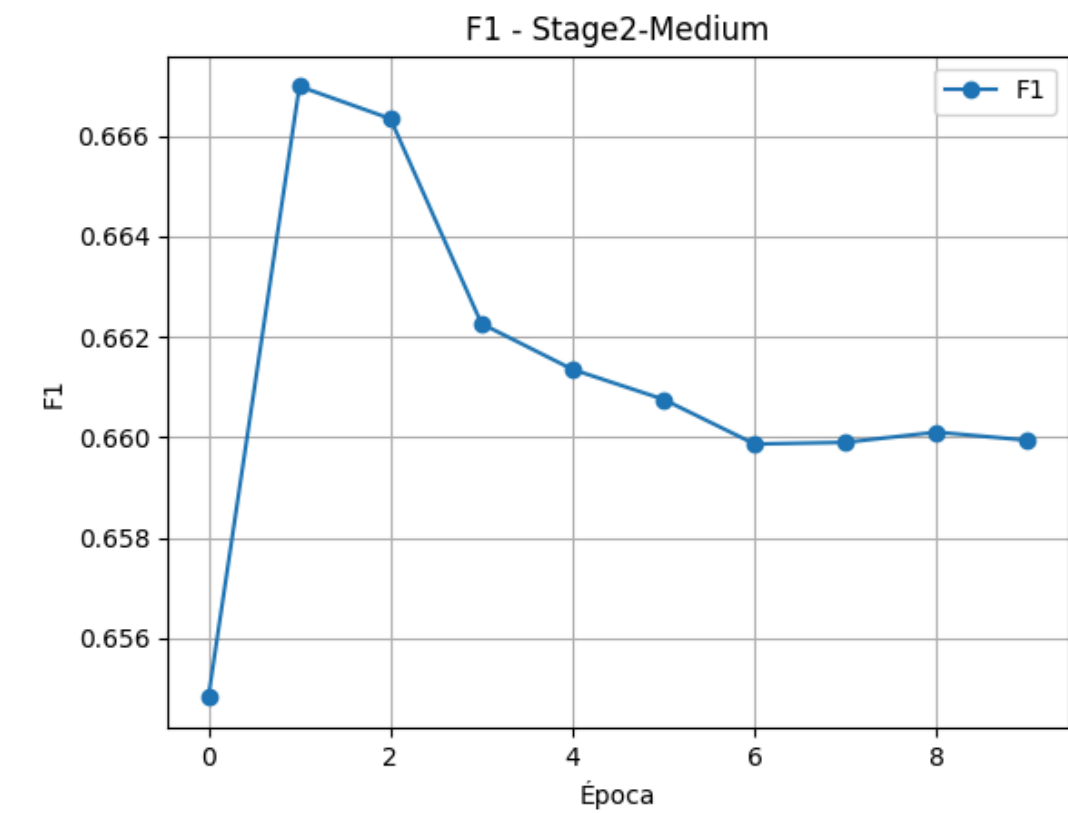
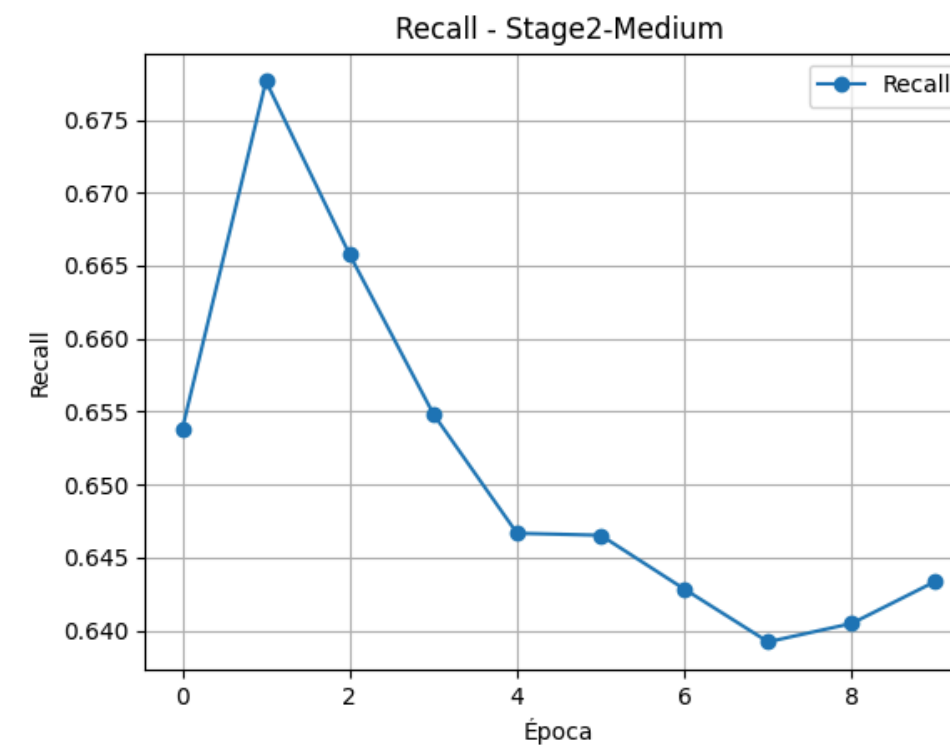
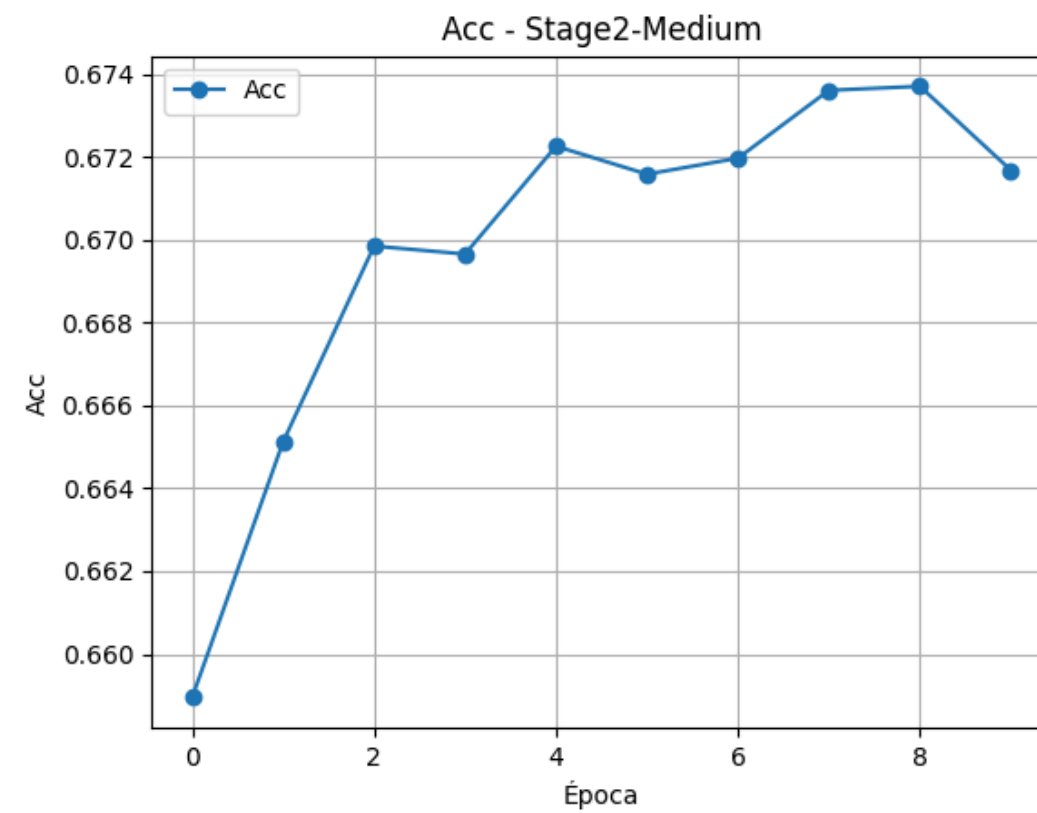
Resultados - Etapa 1



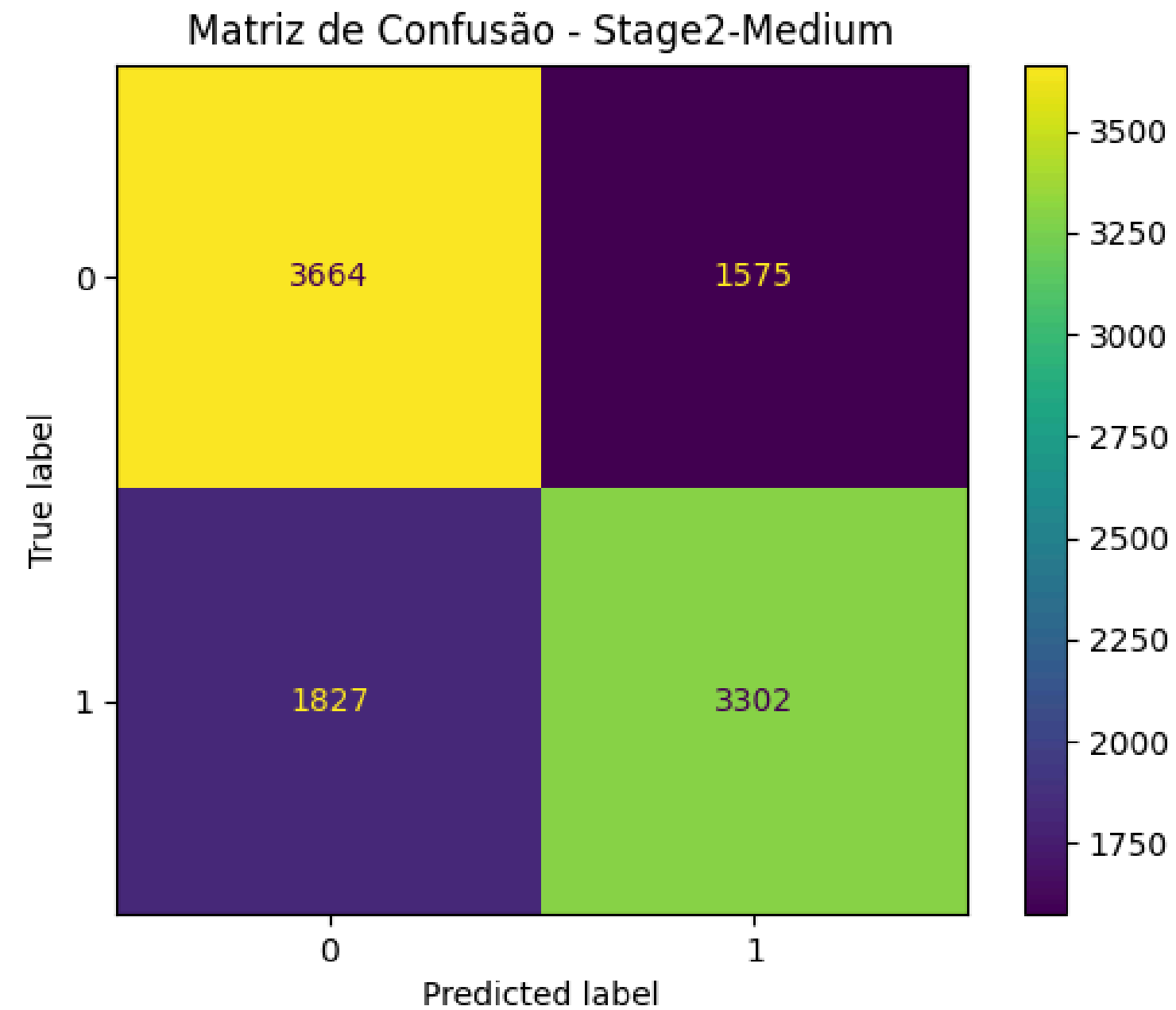
Resultados – Etapa 1



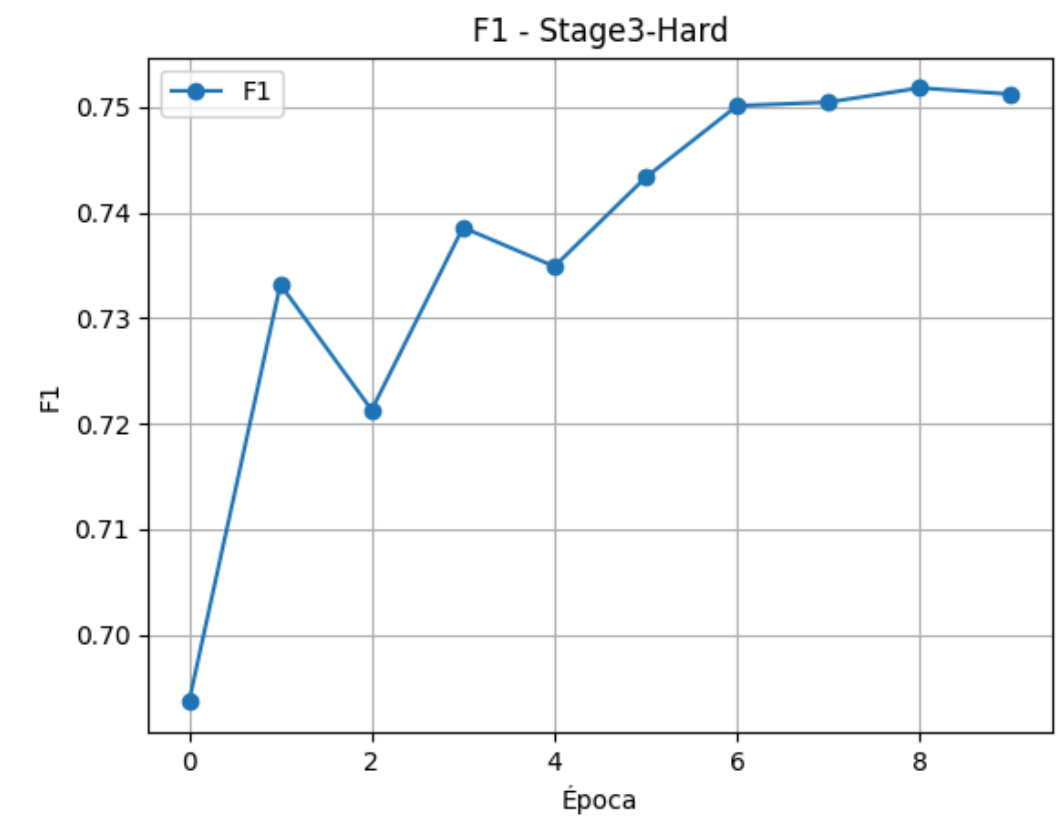
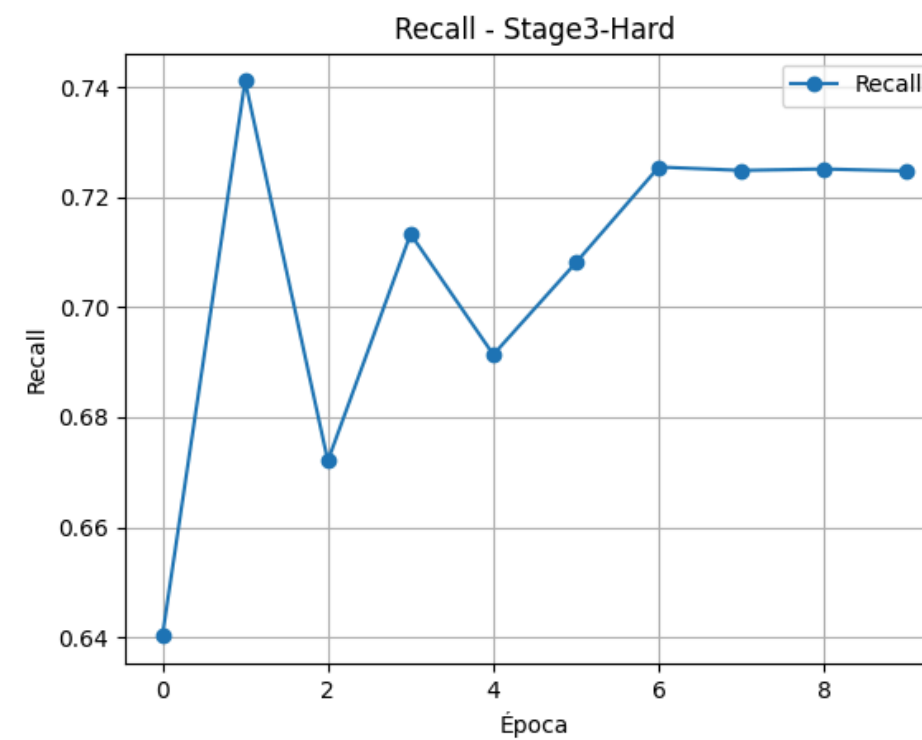
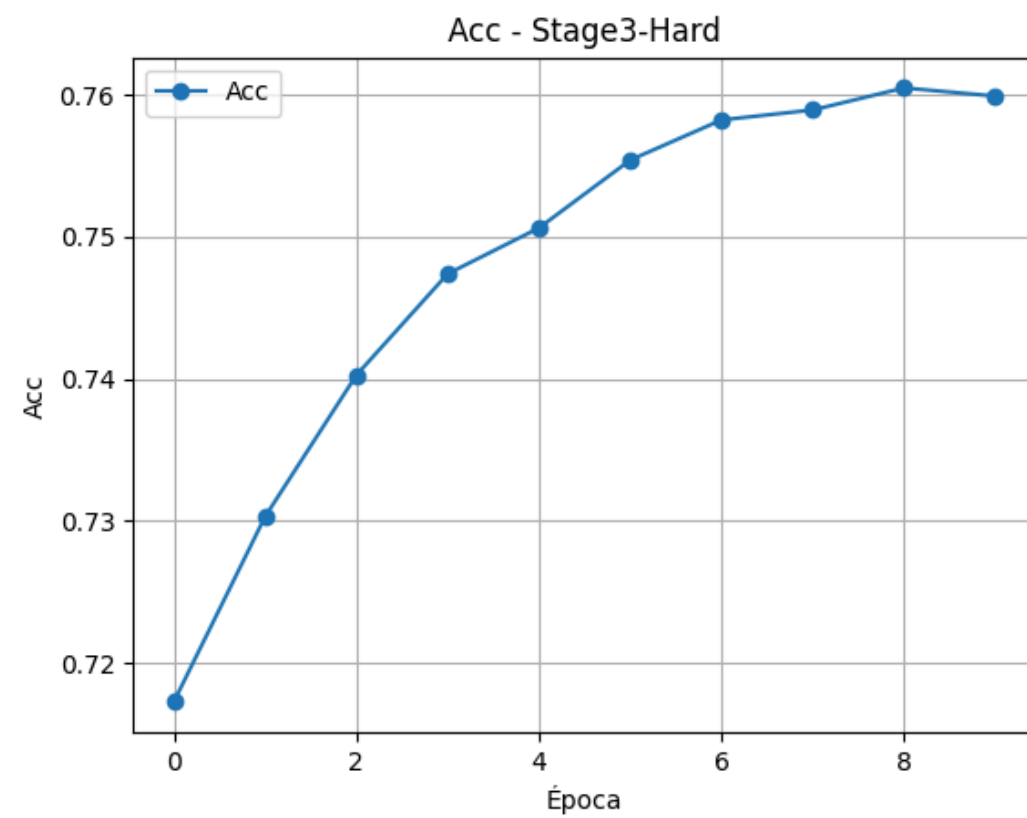
Resultados - Etapa 2



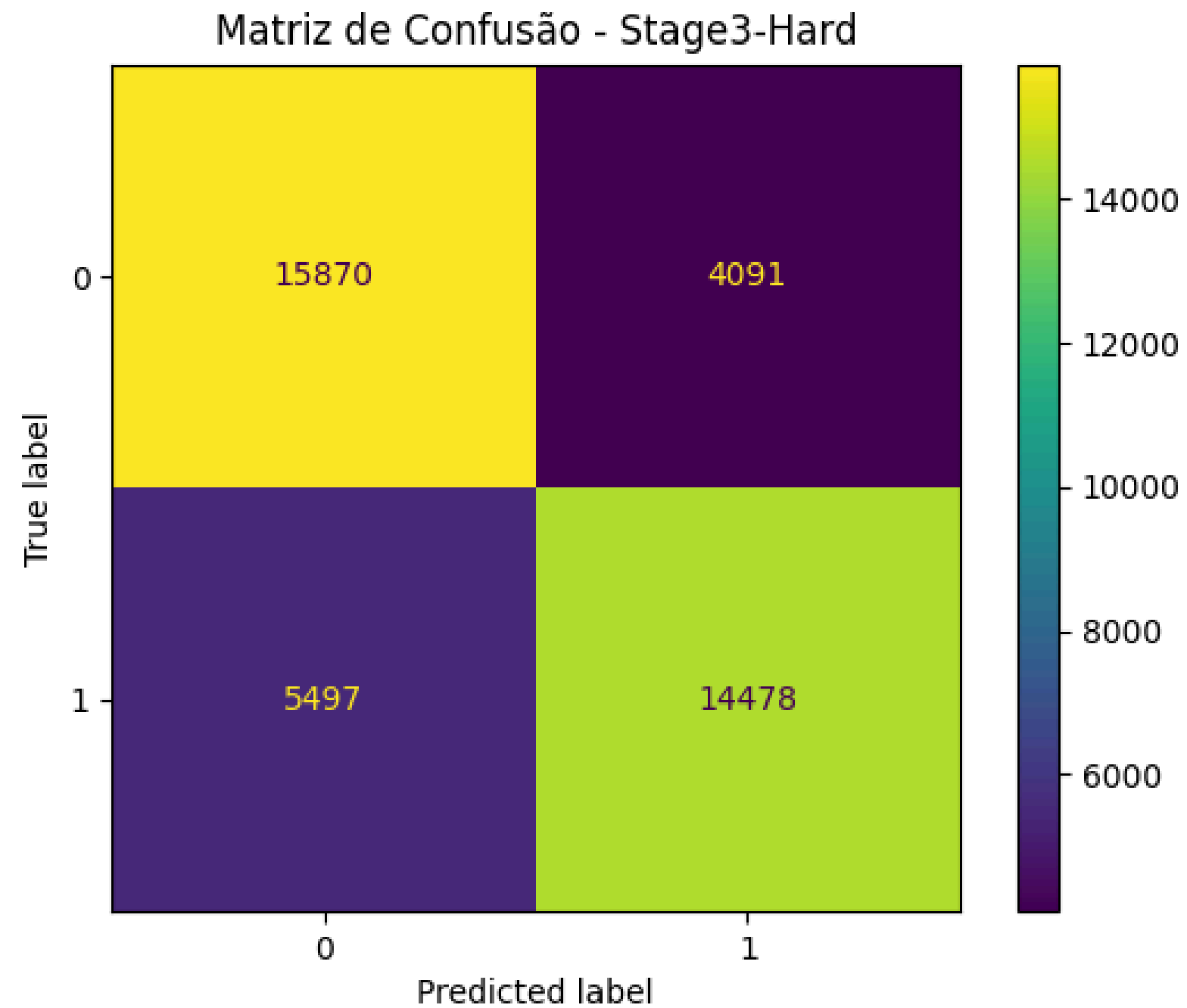
Resultados – Etapa 2



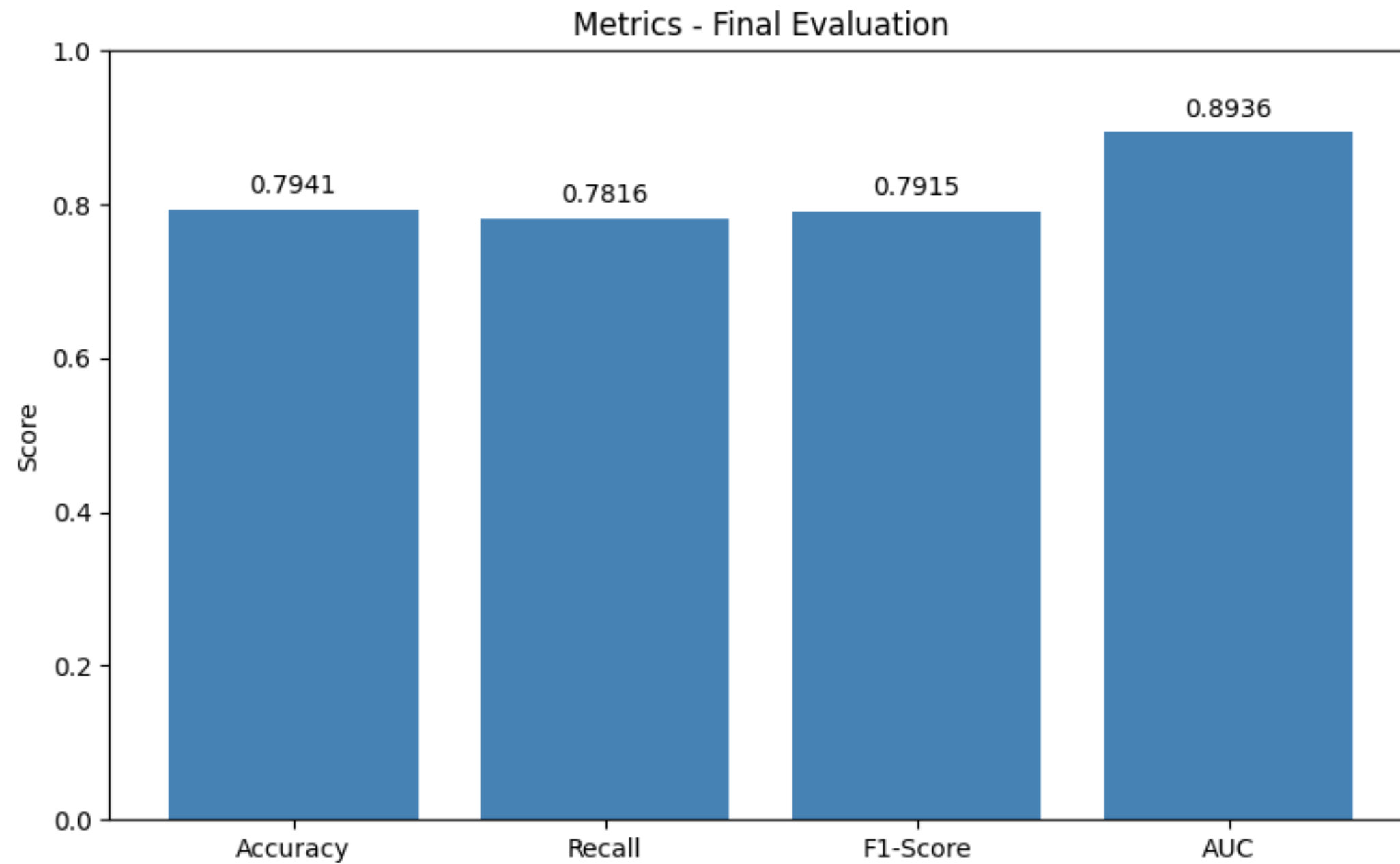
Resultados – Etapa 3



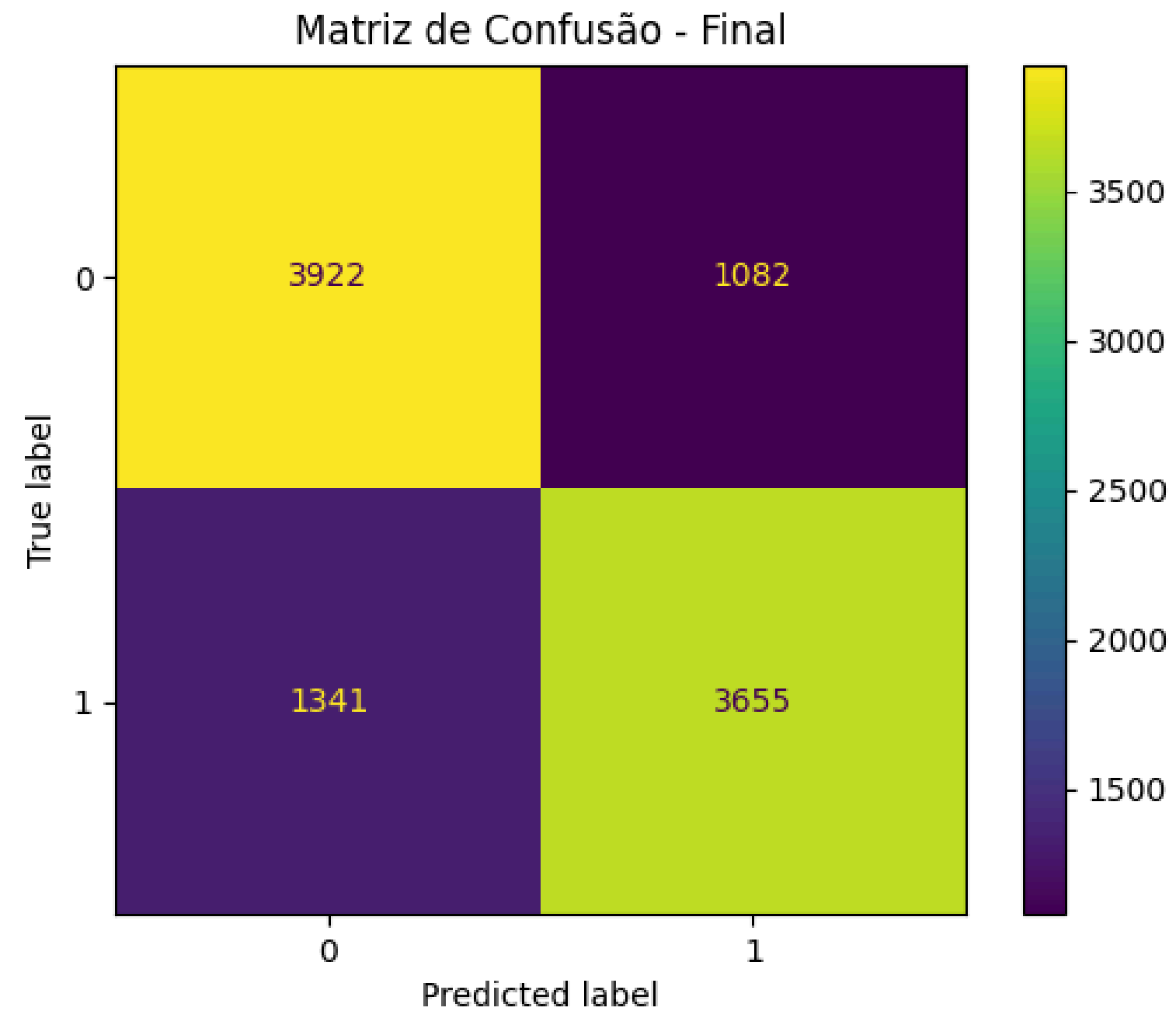
Resultados – Etapa 3



Resultado Final



Resultado Final



Conclusão

A NTM representou um marco importante na busca por arquiteturas neurais que pudessem combinar o aprendizado estatístico das redes neurais com a computação simbólica e a memória explícita. Apesar de seus desafios práticos, como a complexidade computacional e a dificuldade de treinamento, que limitaram sua adoção em larga escala, ela foi pioneira no campo das redes neurais com memória aumentada. As ideias da NTM influenciaram diretamente o desenvolvimento de arquiteturas subsequentes e mais sofisticadas, como os Differentiable Neural Computers (DNCs) e os mecanismos de atenção presentes nos Transformers, que hoje dominam muitas áreas como o Processamento de Linguagem Natural. Isso demonstra que as NTMs foram um passo crucial para a inteligência artificial mais geral e interpretável.

Referências

Graves, A., Wayne, G., & Danihelka, I. (2014). Neural Turing Machines. arXiv:1410.5401.

Graves, A., & Grefenstette, E. (2016). Neural Turing Machines. Nature.

Vaswani, A., et al. (2017). Attention is All You Need. NeurIPS.

Zaremba, W., & Sutskever, I. (2014). Learning to Execute. arXiv:1410.4615.