

Inteligência Artificial para Robótica Móvel CT-213

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Relatório do Laboratório 8 - Redes Neurais Convolucionais

Leonardo Peres Dias

24 de maio de 2025



Sumário

1 Breve Explicação em Alto Nível da Implementação	3
2 Figuras Comprovando Funcionamento do Código	4
2.1 Evolução do treinamento no <i>TensorBoard</i>	4
2.2 Avaliação da LeNet-5	5
3 Discussões dos Resultados	5

1 Breve Explicação em Alto Nível da Implementação

A implementação da rede LeNet-5 foi realizada utilizando a API `Sequential` do Keras. A arquitetura segue de forma fiel o modelo original proposto por LeCun et al., composto por uma combinação de camadas convolucionais, de pooling e densas. A rede recebe como entrada imagens em escala de cinza com resolução 32×32 .

O modelo é estruturado da seguinte forma:

- Uma camada convolucional com 6 filtros 5×5 e função de ativação tangente hiperbólica (\tanh), produzindo saídas de dimensão $28 \times 28 \times 6$.
- Uma camada de pooling média (average pooling) com janelas 2×2 e stride 2, reduzindo a dimensão para $14 \times 14 \times 6$.
- Uma segunda camada convolucional com 16 filtros 5×5 e ativação \tanh , resultando em mapas de ativação de tamanho $10 \times 10 \times 16$.
- Uma nova camada de pooling média, que reduz a saída para $5 \times 5 \times 16$.
- Uma terceira camada convolucional com 120 filtros 5×5 e ativação \tanh , produzindo uma saída de dimensão $1 \times 1 \times 120$.
- A saída é achatada (`flatten`) e conectada a uma camada densa com 84 neurônios e ativação \tanh .
- Por fim, a rede possui uma camada de saída com 10 neurônios e ativação `softmax`, adequada para classificação em 10 classes.

2 Figuras Comprovando Funcionamento do Código

2.1 Evolução do treinamento no *TensorBoard*

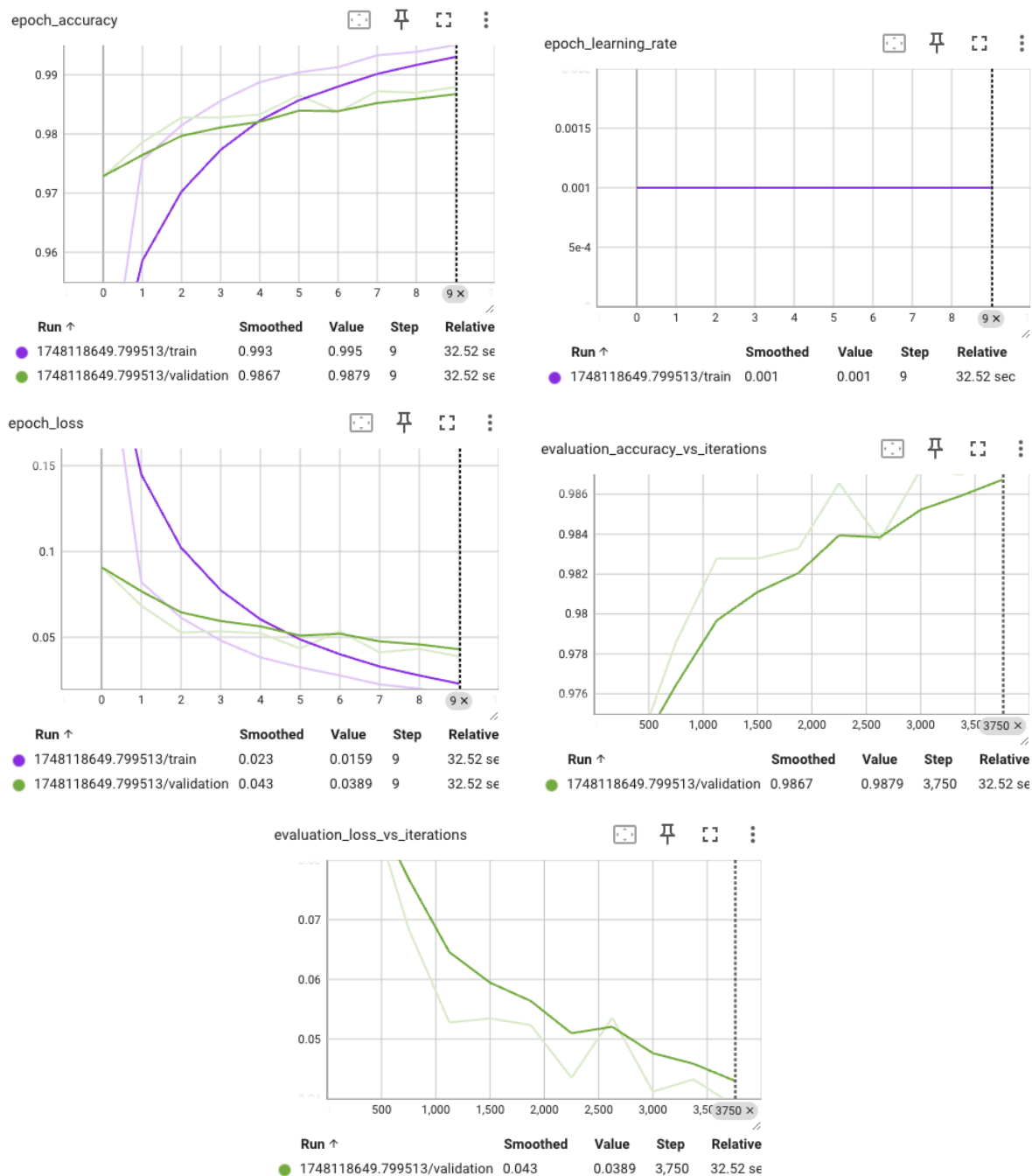


Figura 1: Evolução das métricas de treinamento.

2.2 Avaliação da LeNet-5

Example: 232. Expected Label: 8. Predicted Label: 8.

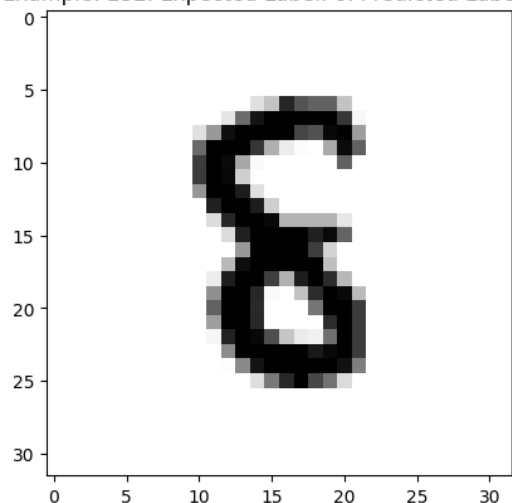


Figura 2: Predição correta da rede.

Example: 449. Expected Label: 3. Predicted Label: 5.

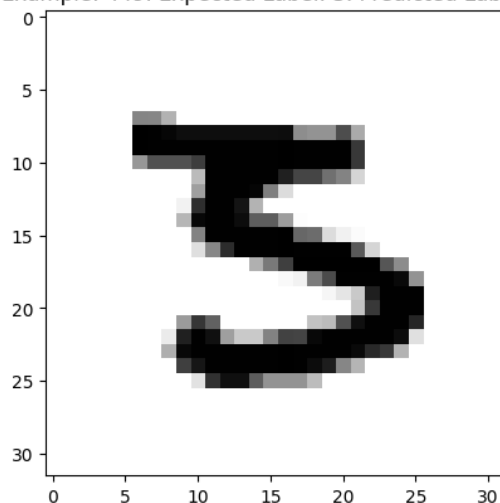


Figura 3: Predição errada da rede.

3 Discussões dos Resultados

Observa-se na curva de acurácia por época que o modelo apresentou uma evolução consistente durante o treinamento, alcançando aproximadamente 99.5% de acurácia no conjunto de treino e cerca de 98.8% no conjunto de validação após 10 épocas. Essa diferença entre treino e validação é pequena, indicando que o modelo generaliza bem para dados não vistos.

A curva de perda (*loss*) de maneira suave tanto para o treino quanto para a validação, refletindo o aprendizado efetivo da rede. A *loss* final de validação estabiliza em torno de 0.039, o que corrobora o bom desempenho do modelo.

O gráfico de taxa de aprendizado confirma que foi utilizada uma taxa fixa de 0.001 durante todas as épocas, sem agendamentos dinâmicos.

Já os gráficos de avaliação por iteração mostram que, conforme o número de iterações aumenta, a acurácia de validação sobe gradualmente, alcançando cerca de 98.7% ao final do treinamento, enquanto a *loss* de validação apresenta tendência de queda, reforçando a convergência do processo de otimização.

Os exemplos apresentados evidenciam tanto a capacidade da rede em reconhecer corretamente os dígitos quanto suas limitações em casos ambíguos. O erro de classificação observado é compreensível, dado que certos dígitos manuscritos podem ter formas semelhantes, o que pode confundir mesmo classificadores robustos como a LeNet-5.