

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Alunos: Erik Fernando Mendes Silva, Bruno Augusto Jovenasso, Vanessa Gomes Favorito, Rafael Tocegui Comprí

Orientador: Dr. Carlos Eduardo Thomaz (cet@fei.edu.br)

Coorientadora: Tatianny Heiderich



Resumo: Atualmente a área de detecção de dor em neonatos a partir de imagens da face está em constante desenvolvimento, possuindo principalmente como objetivo amenizar um dos problemas que temos na área da neonatologia, os efeitos da dor a curto, médio e longo prazo em recém-nascidos. Neonatos internados em unidades de terapia intensiva neonatal são expostos constantemente a dor, tal fato pode causar danos no neurodesenvolvimento, afetando funções cerebrais, sistema de estresse e lesões no processamento nociceptivo. Com o intuito de identificar e classificar a presença de dor neonatal, são utilizadas escalas de avaliação de dor à beira do leito por profissionais da área da saúde, e estão sendo criados métodos de inteligência artificial e aprendizado de máquina para automatizarem este processo. Assim, este trabalho tem por objetivo propor e implementar um protótipo computacional para a avaliação da dor neonatal por partes da face, analisando cada parte da face separadamente e classificando a presença, ou não, de dor. Para tal feito, o trabalho conta com algumas etapas sequenciais, começando com um pré-processamento no banco de dados de imagens neonatais da Universidade Federal de São Paulo, onde foi gerado uma face média e segmentada dos recém-nascidos. Na segunda etapa, são realizados os treinamentos e criação do arcabouço, onde as imagens passarão pela classificação de dor ou não dor, que será realizada por 12 redes neurais, uma para cada parte da face, que serão analisadas e classificadas separadamente. Para a etapa de treinamento e criação do arcabouço, foram utilizados 3 modelos de Rede Neural diferentes, sendo eles a VGG11, a ResNet18 e a LeNet-5. A LeNet-5 apresentou um reconhecimento de dor por partes da face superior aos outros modelos, sendo as partes da face com maior acurácia foram o nariz (79,66%), olho esquerdo (79,44%) e boca (79,44%). Para a obtenção destes resultados, foi utilizado o sistema de validação cruzada no treinamento das redes. Por fim, foi feita a união de todas as etapas formando um sistema inédito e completo de detecção, segmentação e classificação de dor em áreas de interesse faciais de neonato.

Metodologia: A metodologia proposta neste trabalho, foi dividida em duas etapas, sendo um complemento da metodologia de segmentação de partes da face. A primeira etapa se inicia com a criação de uma face média dos recém-nascidos. Para tal, foi necessária a utilização do banco de imagens de neonatos da UNIFESP. Realizou-se a identificação, transformação e extração das regiões de interesse, através do método de segmentação, o mesmo recebe, separa e valida as imagens da face dos recém-nascidos sem artefatos (Etapas S e A). Na segunda etapa, são realizados os treinamentos e a criação do arcabouço para reconhecimento de dor. Para isso, é treinado um modelo para cada região da face, totalizando 12 regiões, utilizando as arquiteturas da VGG, RESNET e LENET. Por fim, com os 12 melhores modelos de cada arquitetura em mãos (Etapa B), a metodologia se encerra com a classificação da dor. As saídas de todos os modelos produzem um conjunto de 12 classificações binárias, uma para cada parte da face, sendo 0 a classificação de não dor e 1 a classificação de dor (Etapa C). Com o conjunto de classificações, foi utilizado o conjunto de máscaras das partes da face para realizar a caracterização das imagens. Partes da face com classificação de não dor foram caracterizadas de azul e imagens com classificação de dor foram caracterizadas de vermelho (Etapa D). Ao final, com o conjunto de máscaras das partes da face caracterizado, realizou-se uma sobreposição das imagens resultando uma máscara global caracterizada (Etapa E). Após isso, foi realizada a sobreposição dessa máscara global sobre a face alinhada do recém-nascido gerando como resultado do arcabouço de classificação da dor, uma imagem do recém-nascido classificada e caracterizada por parte da face (Etapa F).

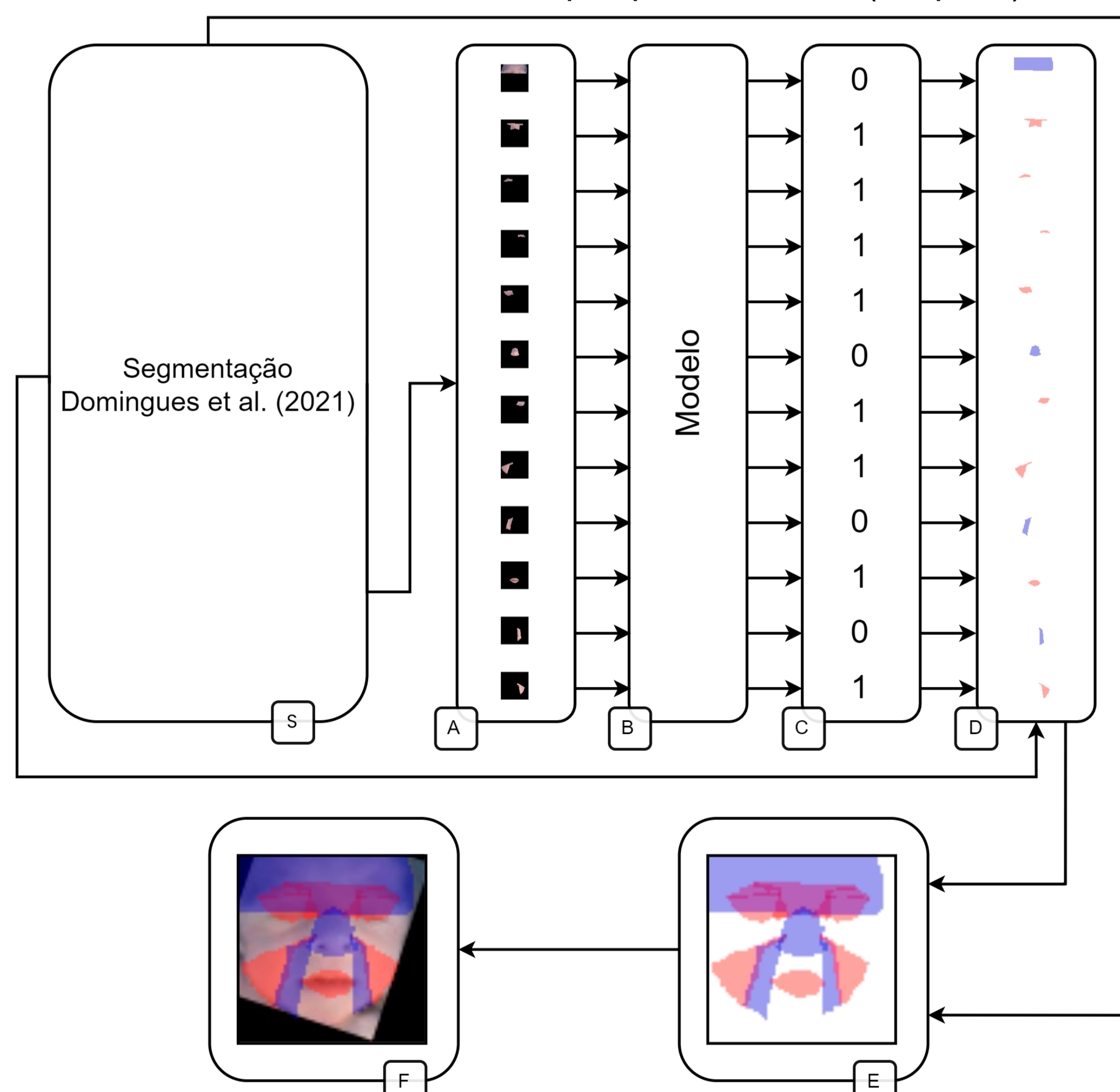


Figura 1 - Arcabouço de Classificação da Dor.

Resultados Treinamento: A fase do treinamento das redes neurais em diferentes arquiteturas é uma parte que se faz necessária para o melhor entendimento do comportamento de cada arquitetura quando aplicada à situação e problema apresentada. Assim, é possível fazer uma análise entre os resultados para que um modelo de arquitetura seja o mais adequado para o caso. Observa-se nos resultados da VGG11 que a média de acurácia das 12 partes da face é de 67,61%. A RESNET18, por outro lado, apresentou a média de acurácia das 12 partes um pouco melhor que a VGG11, sendo de 67,80%. Analisou-se também os resultados da LENET-5 pré-treinada com o CIFAR10 que apresentaram uma média de 66,2%, ou seja, menor que os modelos da VGG11 e RESNET18. Por não apresentar um resultado esperado, devido à análise comparativa da LENET-5 com as demais arquiteturas, mostrando que, além de possuir menos camadas de convolução, o modelo foi projetado para atender baixas resoluções e, por isso, deveria performar melhor que os demais modelos, decidiu-se treinar a LENET-5 sem um pré-treinamento, utilizando os conjuntos de dados de treinamento e obteve-se uma média de acurácia das 12 partes de 78,29%.

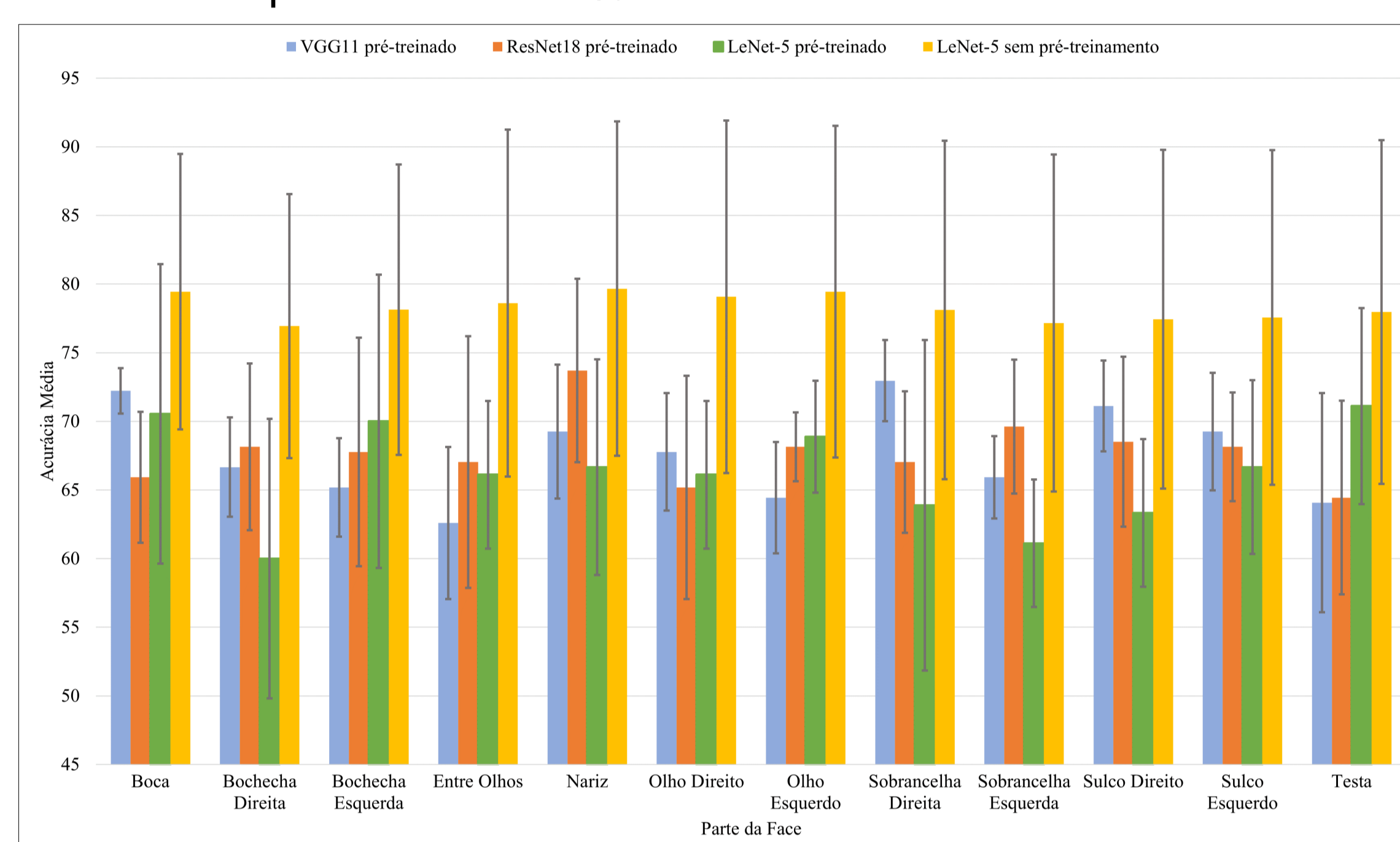


Figura 2 - Acurácia Média e Desvio Padrão dos Modelos por Parte da Face.

Resultados Arcabouço: Variando a arquitetura dos doze modelos do arcabouço, foram coletados doze resultados diferentes conforme o número de partes da face com dor necessárias para classificar a face na totalidade com dor. Para o arcabouço da VGG11, o número de regiões escolhido para classificar a face na totalidade como dor foi oito partes da face, pois este critério classificou corretamente 276 imagens das 360 da base de dados utilizada. Para o arcabouço da RESNET18, o número de regiões escolhido para classificar a face na totalidade como dor é superior ao da VGG11, sendo dez partes da face, classificando corretamente 261 imagens. Por fim, para o arcabouço da LENET5, o número de regiões escolhido foi inferior ao da VGG11 e conseqüentemente ao da RESNET18, sendo seis partes da face classificadas como dor para definir a face na totalidade como dor. Com este número de regiões, a arquitetura da LENET5 classificou corretamente 356 imagens das 360 do conjunto de dados utilizado. Sendo dessas 356 imagens, 236 imagens com dor e 120 imagens sem dor, ou seja, a LENET5 errou apenas 2 imagens com dor e 2 sem dor.

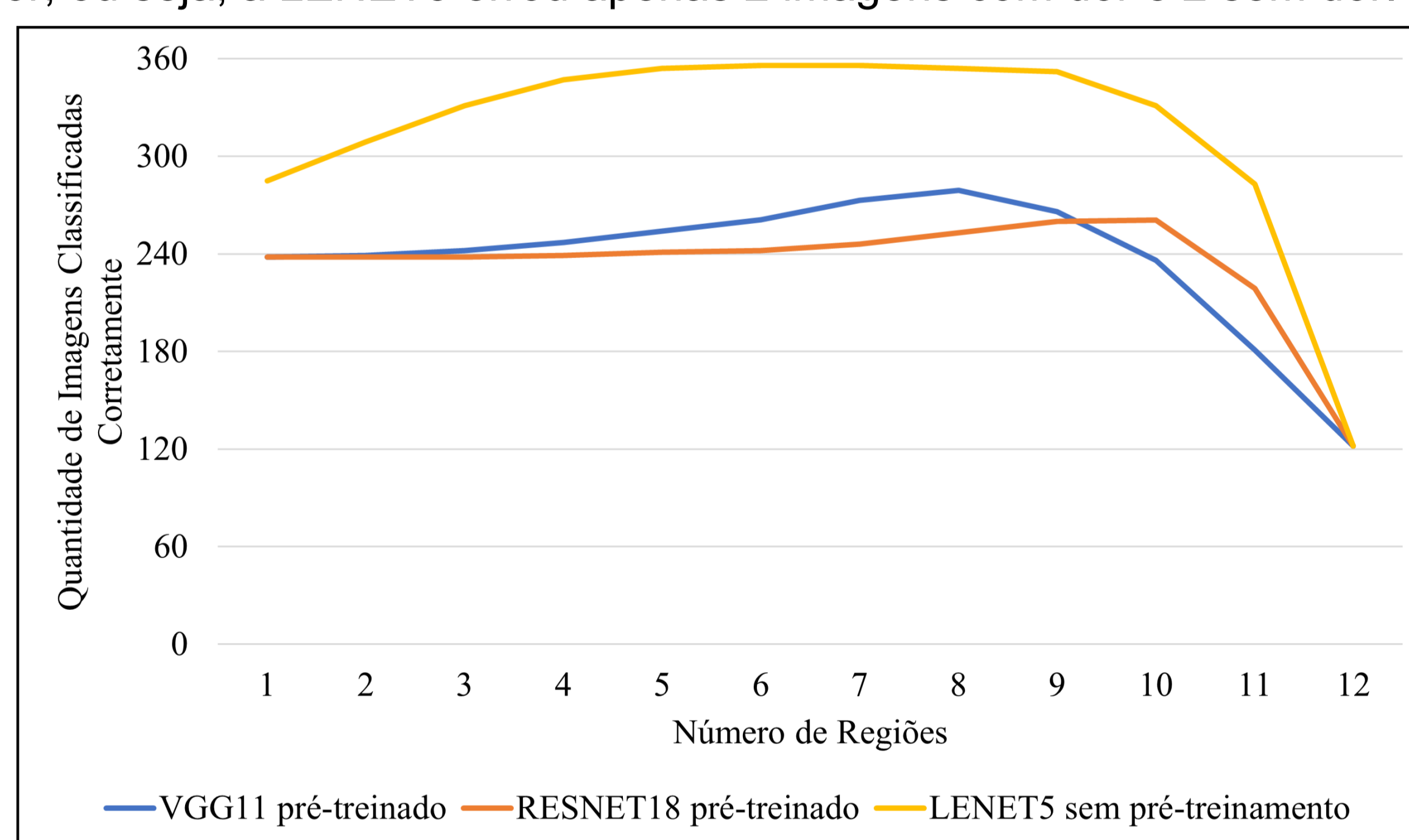


Figura 3 - Acurácia de Dor e Não Dor na Face Completa.

Conclusão: Os resultados mostraram que as redes treinadas com a arquitetura LeNet5 foram as que trouxeram os melhores resultados entre as demais, devido à resolução das imagens do conjunto de dados, tendo como destaque três melhores regiões faciais para a identificação de dor, sendo elas o nariz, com 79,66% de acurácia, olho esquerdo, com 79,44% de acurácia e boca, com 79,44% de acurácia. Em geral, todos os resultados foram considerados satisfatórios, uma vez que foi desenvolvido um protótipo computacional inédito que aborda um problema pouco explorado na comunidade científica. Com isso, é possível concluir que os resultados obtidos nesse trabalho se tratam de uma contribuição inédita ao avanço do estado da arte sobre o tema proposto e atualmente extensamente discutido. Sendo assim, abre caminho para trabalhos futuros e possibilita a exploração de novas metodologias para reconhecimento de dor neonatal, em especial por partes da face.