

CriminalPlotter

GABRIEL LAZARI TREVISANI¹, LAURA KNOLL GARCIA DE OLIVEIRA¹, and
NÍCOLAS AUERSVALT MARQUES¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Curitiba
Engenharia de Computação
ELEX20
2024.2

Outubro 2024

Abstract

Em 2023, o Brasil registrou 47.722 assassinatos e uma média de roubos e furtos de 2.226 cada 100 mil habitantes. A situação fica ainda mais preocupante quando se considera que a taxa de solução de crimes é 65%, sendo em torno de 35% quando se trata de homicídios.

Um dos fatores responsáveis pela baixa resolução de casos é a escassez de recursos e profissionais: o Brasil tem uma média de 1 perito criminal para cada 41.500 habitantes, enquanto a recomendação da ONU seria, no mínimo, 1 em cada 5.000. No estado de São Paulo, por exemplo, em um único dia, os especialistas chegam a percorrer 300 km em até 17 locais de crime diferentes, o que significa que muitas ocorrências são deixadas de lado e, nas que não são, não há tempo suficiente para uma análise crítica.

Para reduzir esses números dramáticos, os autores propõem a criação de uma impressora "CNC Plotter" modificada, que esboça retratos criminais de potenciais suspeitos com base em um catálogo de traços faceais pré-definidos, evitando a necessidade de ter um artista forense no local.

1 Introdução

Em 2023, o Brasil registrou 47.722 assassinatos em um ano, 10,4% do total mundial. Em homicídios per capita, está na 11ª posição, com 22,38 mortes a cada 100 mil habitantes, quase 1000% da média da OCDE, 400% da média global e 150% da média na América latina [27][1]. Em termos de roubos e furtos, o Brasil tem 2.226 para cada 100 mil habitantes[5]. A situação fica ainda mais preocupante quando se considera que a taxa de solução de crimes é 65%[17], sendo em torno de 35% quando se trata de homicídios.[3].

Um dos fatores responsáveis pela baixa resolução de casos é a escassez de recursos e profissionais: o Brasil tem uma média de 1 perito criminal para cada 41.500 habitantes, sendo que o recomendado pela ONU seria, no mínimo, 1 em cada 5.000.[7][23]. No estado de São Paulo, por exemplo, em um único dia, os especialistas chegam a percorrer 300 km em até 17 locais de crime diferentes, o que significa que muitas ocorrências são deixadas de lado e, nas que não são, não há tempo suficiente para uma análise crítica.[23]

Os autores propõem, portanto, a criação de uma impressora "CNC Plotter" (adaptada) de esboço forense de rosto com fácil operação, baixo custo e baseada em métodos já existentes de retrato forense e reconhecimento facial, visando dar maior autonomia às testemunhas e reduzir a excedente demanda por peritos

criminais. Cabe mencionar, também, que esse aumento de autonomia pode ser ainda mais valioso no caso das testemunhas estarem passando por PTSD (Transtorno de Estresse Pós-Traumático) [19] [22]

2 Revisão de literatura

2.1 O procedimento forense

Esboços forenses são geralmente utilizados quando não há nenhuma foto ou vídeo do criminoso, sendo particularmente valiosos quando a única fonte de informação são as vítimas e testemunhas. Eles podem ser feitos por dois modos: desenhados à mão por um artista ou criados graficamente pela composição de componentes faciais (olhos, boca, cabelo, etc) retirados de uma base de dados[16], sendo a segunda opção algo relativamente recente [18]

Após essa etapa, pode-se divulgar a imagem em veículos midiáticos [16], ou, nos casos de haver mais recurso à disposição, fazer uma busca do rosto esboçado em uma base de dados. Essa pesquisa pode levar em consideração todo o rosto ou apenas alguns de seus componentes.[4] Neste trabalho, no entanto, nos limitaremos apenas à parte de esboço.

2.2 O método do esboço

Geralmente preferível a biometria, DNA e outros métodos de identificação pela conveniência e custo relativamente menor [26], o esboço criminal feito por um artista forense ainda apresenta a inconveniência de necessitar um perito com anos de prática nessa arte disponível [16], realidade distante do contexto brasileiro. Uma alternativa buscada, portanto, tem sido o esboço composto via software, que está sendo amplamente utilizado desde os anos 2000 [18] [8]. No Brasil, no entanto, onde apenas recentemente foi inaugurado um sistema de reconhecimento facial [11], esse tipo de tecnologia ainda está longe de ser aplicada em larga escala, fazendo-se necessária uma adaptação da técnica para o contexto nacional.

2.3 Identificação facial

A teoria de identificação facial tem sua gênese na década de 1960, com os estudos de Bledsoe que utilizavam computadores e 20 medidas de componentes faciais inseridas pelo usuário [2]. Na década de 1970, com os estudos de Harmon e Goldstein [12] [10], foi proposto um algoritmo de busca binária para encontrar um rosto baseado em 21 características relacionadas aos componentes faciais, como cabelo "comprido", "encaracolado" e "grosso". Baseado em uma descrição prévia de um rosto, os participantes eram dados 255 retratos e separavam em uma pilha os que continham a característica informada dos que não a tinham. Os resultados "surpreendentemente bons", nas palavras de Harmon, foram 53% de acerto com uma média de 7.3 características usadas, sendo que, em 75% dos casos, o retrato correto estava entre os últimos 13.

Na década de 1980 esse campo de estudo ficou relativamente dormente, retornando na seguinte com muita intensidade, devido a diversos avanços tecnológicos, como a inteligência artificial, que eliminou a necessidade de ter características subjetivas, como as anteriores[24] [2]. Nesse sentido, Pertland e Tik, dois pesquisadores do MIT, inventaram o primeiro sistema de reconhecimento facial, "Eigenfaces". Em 1998, a agência governamental estadunidense DARPA criou a primeira base de imagens robusta, com 2.400 fotos de 850 pessoas[2].

Por fim, com o desenvolvimento do "Deep Learning" e redes neurais na década de 2010, outra revolução ocorreu [2]. Em 2014, por exemplo, a empresa "Facebook" afirmou que conseguia reconhecer faces com 97% da precisão humana com o algoritmo "Deepface" [25].

Os sistemas mais modernos variam entre uma abordagem de reconhecimento de componente versus reconhecimento da imagem como um todo [14] [6]. Em particular, na década de 2020, os modelos de "Deep Learning" evoluíram a ponto de estarem próximos da performance de um especialista em reconhecimento facial, por mais que a precisão máxima seja alcançada quando ambos trabalham em conjunto.[21]

3 A proposta

3.1 Catálogo de características faciais

Da revisão de literatura, entende-se que a abordagem mais adequada ao contexto brasileiro seria a criação de um catálogo que mimetiza o conceito de esboço composto sem a necessidade de um software. No entanto, se não há uma base de dados, surge o problema de como saber quantas características seriam necessárias para determinar o rosto aproximado do criminoso. Baseados nos modelos de Harmon, sabe-se que, dados as 21 características, é possível encontrar um rosto entre 2 milhões de retratos através da busca binária. Assim, optou-se por criar um desenho para cada uma das características usadas pelo autor, podendo compor, aproximadamente, 1 milhão de faces distintas.

Feature	1	2	3
Hair			
Coverage	Full	Receding	Bald
Length	Short	Average	Long
Texture	Straight	Wavy	Curly
Forehead	Receding	Vertical	Bulging
Eyebrows			
Weight	Thin	Medium	Bushy
Separation	Separated	Meeting	
Eyes			
Opening	Narrow	Medium	Wide
Separation	Close	Medium	Wide
Shade	Light	Medium	Dark
Ears			
Length	Short	Medium	Long
Protrusion	Slight	Medium	Large
Cheeks	Sunken	Average	Full
Nose			
Length	Short	Medium	Long
Tip	Upward	Horizontal	Downward
Profile	Concave	Straight	Hooked
Mouth			
Lip Thickness	Thin	Medium	Thick
Lip Overlap	Upper	Neither	Lower
Width	Small	Medium	Large
Chin Profile	Receding	Straight	Jutting

Table 1: Facial Features Table

Com a exceção da cor de cabo e da divisão em lábio maior e menor, excluídas para não gerar um número demais grande de opções no catálogo, todas as outras características são idênticas às de Harmon.

3.2 Impressora

Em consonância com o catálogo, os autores propõe uma impressora "CNC Plotter" modificada que recebe um número de 3 dígitos, o primeiros responsável por um componente facial (1 a 9) e os últimos 2 pela sua variação (01 a 27), e, através da técnica de pontilhação, imprime o desenho selecionado. Como a relevância das características faciais tende a reduzir do cabelo até o queixo [24], insere-se os números em ordem decrescente de altura.

3.3 CNC Plotter

O "CNC Plotter" é um projeto relativamente comum de eletrônica: utiliza um microcontrolador, um motor de passo e driver para cada haste da impressora , que pode ter 2 ou 3 dimensões (algumas versões utilizam um "servo motor" para o eixo Z), um adaptador "USB-Serial", um "CNC Shield" para conexão com o microcontrolador e o aparato de desenho. Geralmente é programado com "G-code" (RS-274) e utilizado com concomitância com software de desenho de código aberto, como "Inkscape". [9] [13] [20][15]

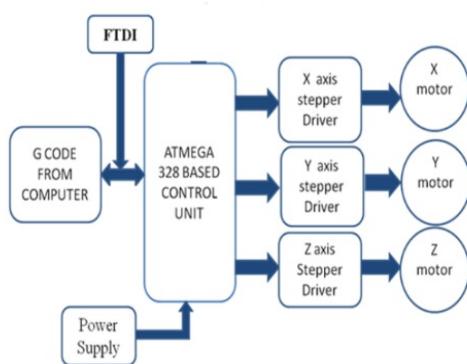


Figure 1: Diagrama esquemático do CNC Plotter

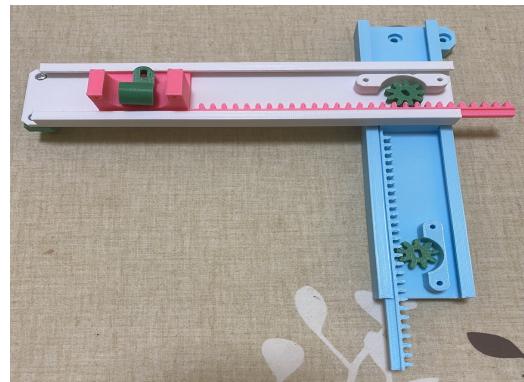


Figure 2: Exemplo de haste XY

4 Desenvolvimento Técnico

O funcionamento do projeto baseia-se na movimentação de eixos utilizando três motores de passo (28BYJ-48 - 5V), controlados por três drivers ULN2003, um Arduino BlackBoard R3, uma placa Proto-Shield e um teclado NumPad de 3 colunas e 4 linhas, alimentado por uma fonte de 5V. Optou-se pelo driver ULN2003 em vez de uma Shield com L293D [20], pois este permite o controle de até dois motores, e utilizando o CNC Shield [13] [15], todas as portas do Arduino seriam ocupadas, impossibilitando o uso de outros componentes, como o teclado numérico.

A parte física do plotter será modelada no Tinkercad e impressa utilizando filamento PLA branco (500g). Para a construção do banco de características faciais, será desenvolvido um código em Python que converte uma imagem em preto e branco para uma matriz, onde cada pixel é representado por 1 byte (0 para preto e

1/255 para branco). Após essa conversão, as características da imagem serão utilizadas para compor o perfil facial.

Inicialmente, o sistema solicita que o usuário insira as componentes desejadas. O processo começa com a seleção do tipo de cabo, onde o usuário escolhe uma opção correspondente ou digita 0 caso não queira especificar. O mesmo procedimento será repetido para cada componente facial: testa, sobrancelha, olhos, orelha, nariz, bochechas, boca e queixo.

Após a seleção das características, o plotter realiza uma busca linha por linha na matriz, identificando os valores de cada pixel (0 ou 1/255) para definir a margem do desenho, previamente estabelecida pela resolução da imagem. Em seguida, o plotter se move para a posição correta e inicia o desenho, ajustando a caneta para que ela encoste no papel com a pressão apropriada.

As movimentações do plotter são controladas por funções específicas. Após a combinação das características selecionadas, a matriz gerada é salva para futuras exportações. Para exportar a imagem, o código em Python converte a matriz em um arquivo de imagem no formato desejado.



Figure 3: Arduino



Figure 4: Motor Passo e ULN2003



Figure 5: NumPad



Figure 6: Potenciômetro



Figure 7: Diagrama de Gantt

Referências Bibliográficas

- [1] Oecd better life index, 2024. Acessado em: 18 out. 2024.
- [2] Insaf Adjabi, Abdeldjalil Ouahabi, Amir Benzaoui, and Abdelmalik Taleb-Ahmed. Past, present, and future of face recognition: A review. *Electronics*, 9(8):1188, 2020.
- [3] Agência de Notícias do Paraná. Paraná é o estado que mais esclarece homicídios no brasil, aponta levantamento, 2024. Editorial, Acessado em: 18 out. 2024.
- [4] Nur Nabilah Bahrum, Samsul Setumin, Mohd Firdaus Abdullah, Mohd Ikmal Fitri Maruzuki, and Adi Izhar Che Ani. A systematic review of face sketch recognition system. *Journal of Electrical and Electronic Systems Research (JEESR)*, 22:1–10, 2023.
- [5] Giovanna Bronze. Número de roubos é 3 vezes o de casos registrados em delegacias, diz pesquisa, 2024. Acessado em: 18 out. 2024.
- [6] Liya Ding and Aleix M Martinez. Features versus context: An approach for precise and detailed detection and delineation of faces and facial features. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32(11):2022–2038, 2010.
- [7] Espindula. Efetivo de peritos criminais, 2024. Acessado em: 18 out. 2024.
- [8] Christian Galea and Reuben A Farrugia. A large-scale software-generated face composite sketch database. In *2016 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG)*, pages 1–5. IEEE, 2016.

- [9] Puja Girhe, Shubham Yenkar, and Arpita Chirde. Arduino based cost effective cnc plotter machine. *International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research*, 6(2):6–9, 2018.
- [10] A Jay Goldstein, Leon D Harmon, and Ann B Lesk. Identification of human faces. *Proceedings of the IEEE*, 59(5):748–760, 1971.
- [11] Governo do Estado de São Paulo. Governo inaugura laboratório de reconhecimento facial e digital da polícia civil, 2024. Acessado em: 18 out. 2024.
- [12] Leon D Harmon. The recognition of faces. *Scientific American*, 229(5):70–83, 1973.
- [13] Yousif Mohsin Hasan, Layth Fadhl Shakir, and Hassan Hamed Naji. Implementation and manufacturing of a 3-axes plotter machine by arduino and cnc shield. In *2018 International Conference on Engineering Technology and their Applications (IICETA)*, pages 25–29. IEEE, 2018.
- [14] Hiyam Hatem, Zou Beiji, and Raed Majeed. A survey of feature base methods for human face detection. *International Journal of Control and Automation*, 8(5):61–78, 2015.
- [15] Syed Fazle Hyder, Mohammed Ibrahim, Mohd Zeeshan Adan, and Fazal Mohammed. Cnc plotter machine. *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 7(5):5300–5305, 2020.
- [16] Scott Klum, Hu Han, Anil K Jain, and Brendan Klare. Sketch based face recognition: Forensic vs. composite sketches. In *2013 international conference on biometrics (ICB)*, pages 1–8. IEEE, 2013.
- [17] Landara Lima. Em média, 64% dos inquéritos policiais foram solucionados em 2022, indica adepol, 2024. Acessado em: 18 out. 2024.
- [18] Dawn McQuiston-Surrett, Lisa D Topp, and Roy S Malpass. Use of facial composite systems in us law enforcement agencies. *Psychology, Crime & Law*, 12(5):505–517, 2006.
- [19] Joshua C Morganstein, Gary H Wynn, and James C West. Post-traumatic stress disorder: update on diagnosis and treatment. *BJPsych Advances*, 27(3):184–186, 2021.
- [20] Aman Ismail Nsayef and Anas Lateef Mahmood. Microcontroller-based plotter machine. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 21(3):350–355, 2018.
- [21] Alice J O’Toole and Carlos D Castillo. Face recognition by humans and machines: three fundamental advances from deep learning. *Annual Review of Vision Science*, 7(1):543–570, 2021.
- [22] Ruben Parra-Cardona and Leila Wood. Evaluation of technology-based advocacy services (eta): Technical report. 2021.
- [23] SINDICATO DOS PERITOS CRIMINAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Reportagem aborda estudo sobre dificuldades vivenciadas por peritos em sp, 2024. Acessado em: 18 out. 2024.
- [24] Ashok Samal and Prasana A Iyengar. Automatic recognition and analysis of human faces and facial expressions: A survey. *Pattern recognition*, 25(1):65–77, 1992.
- [25] Yaniv Taigman, Ming Yang, Marc’Aurelio Ranzato, and Lior Wolf. Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 1701–1708, 2014.

- [26] Xiaoou Tang and Xiaogang Wang. Face sketch recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for video Technology*, 14(1):50–57, 2004.
- [27] Deutsche Welle. Brasil lidera ranking de homicídios no mundo, mostra estudo da onu, 2023. Acessado em: 18 out. 2024.