

# Fotografia Computacional

Processamento de Imagem

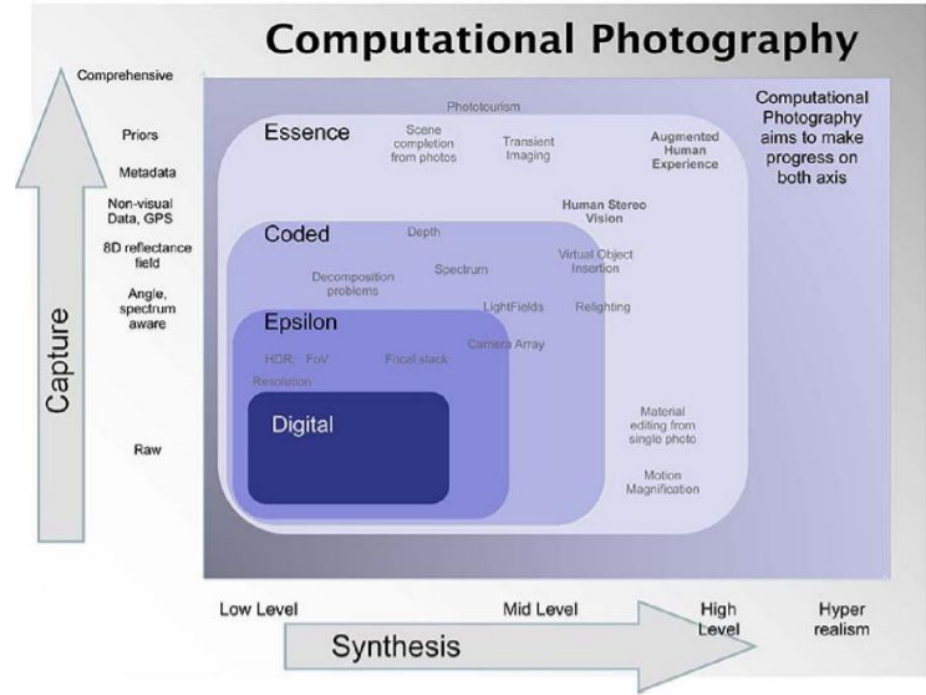
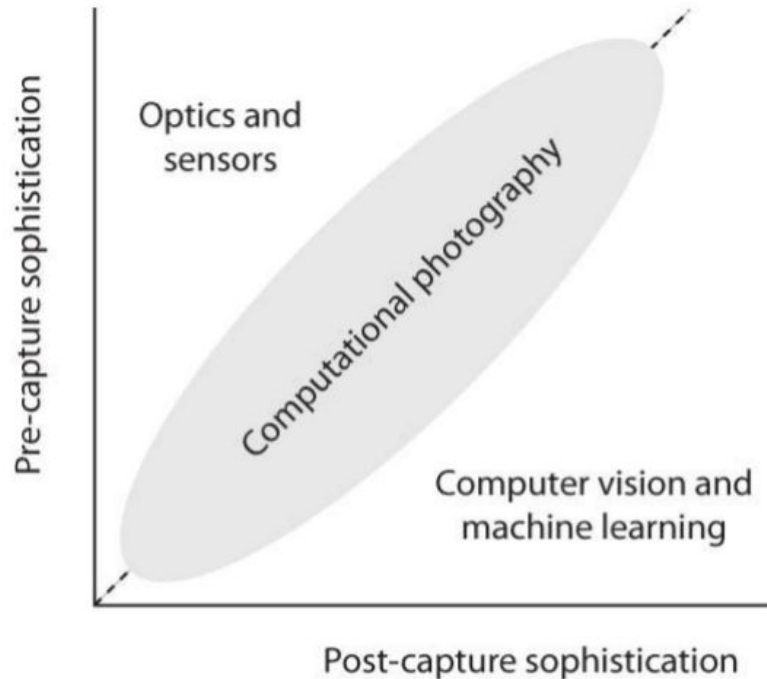
Miguel Cruz ([mlpcs@cin.ufpe.br](mailto:mlpcs@cin.ufpe.br))

Tsang Ing Ren ([tir@cin.ufpe.br](mailto:tir@cin.ufpe.br))



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO

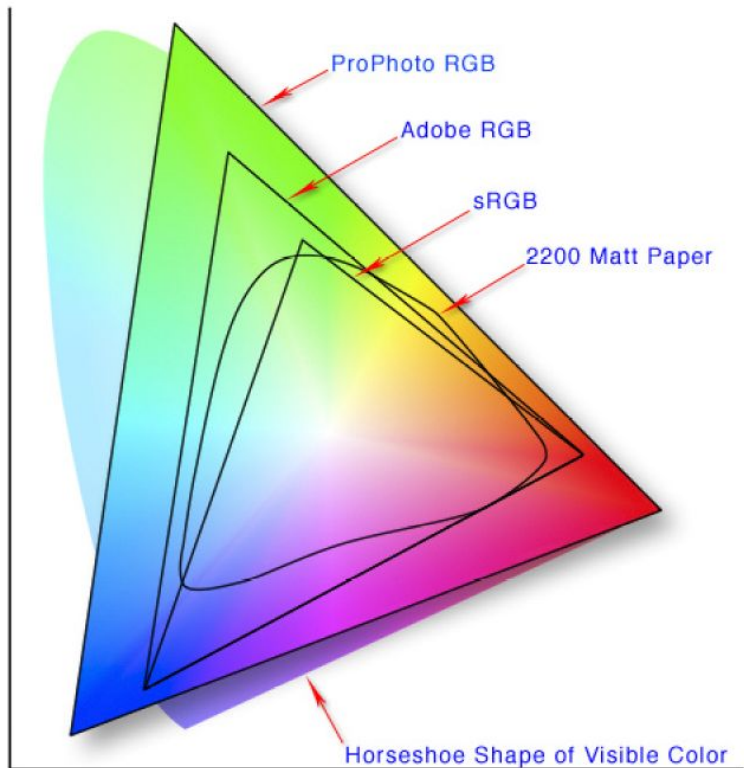
# Introdução



# Foto x Imagem

- **Imagens são reproduções visuais de um objeto.**
- **Fotos são imagens**, mas aquelas que foram registradas a partir de exposição luminosa de uma cena real.
- Também são armazenadas utilizando um espaço de cor.
- São resultado de uma configuração de mecanismos ópticos e, no caso da fotografia digital, eletrônicos.
- Possuem metadados que podem ser utilizados para pós-processamento e edição.
- Suas informações são capturadas a partir de sensores. Os dados cromáticos utilizam sensores relativos ao espaço de cor determinado.

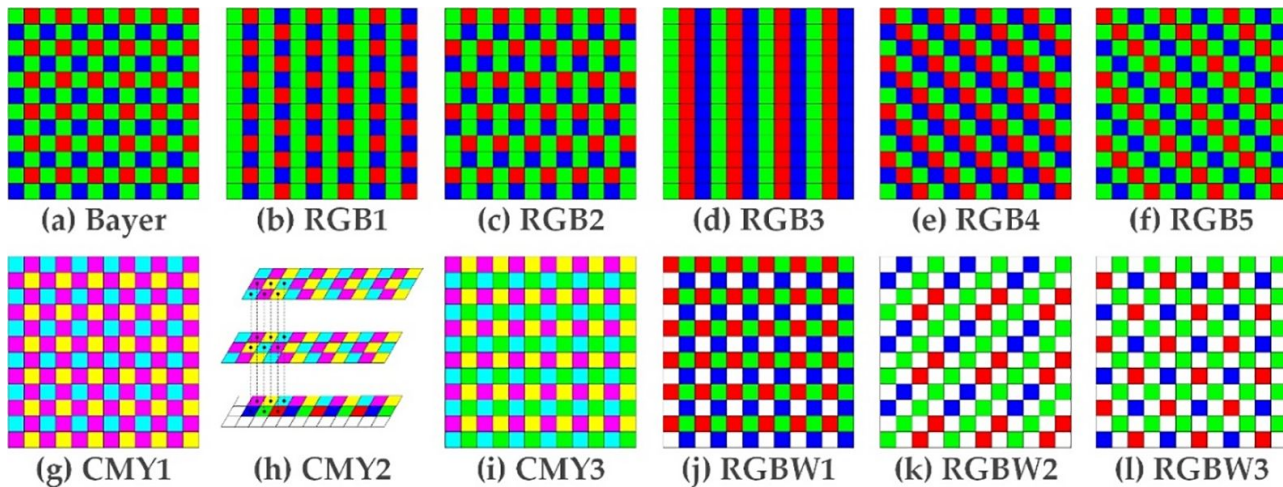
# Espaços de Cores



- O modelo de cor mais popular é o aditivo RGB. Adição de intensidades de vermelho, verde e azul formam diferentes cores.
- O modelo RGB possui diferentes espaços de cores.
- Para exibição em telas de *smartphones*, computadores e TVs, o mais comum é o sRGB. Foi desenvolvido pela *HP* e *Microsoft* nos anos 90.
- Armazena cada canal de cor em um espaço de **8 bits**.

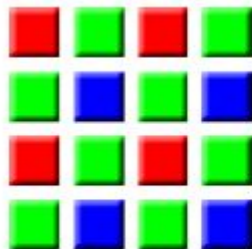
# Fotografia Digital: Sensores

Sensores de imagem capturam a intensidade luminosa de apenas um dos canais de cores por *pixel* da imagem. Padrões conhecidos como *Color Filter Arrays (CFAs)* são utilizados para determinar qual canal de cor tem a intensidade registrada em um pixel específico.

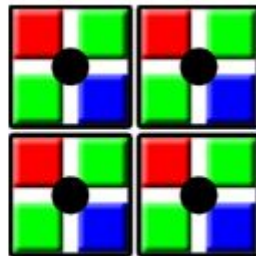


# Fotografia Digital: *RAW*

- Imagens capturadas a partir da exposição luminosa em um *CFA* é conhecido como ***RAW***.
- Em um ***RAW***, o conceito de cor em um *pixel* depende da medição do sensor e do filtro associado ao *pixel* (informação presente no *CFA*).
- São uma representação intermediária. Para serem exibidos, precisam de informações sobre todos os canais de cor para todos os *pixels*.



(a) *Raw* de formato [1,1,4,4].



(b) *Raw* de formato [1,4,2,2].



# Fotografia Digital: *Raw*



# Fotografia Digital: *ISP*

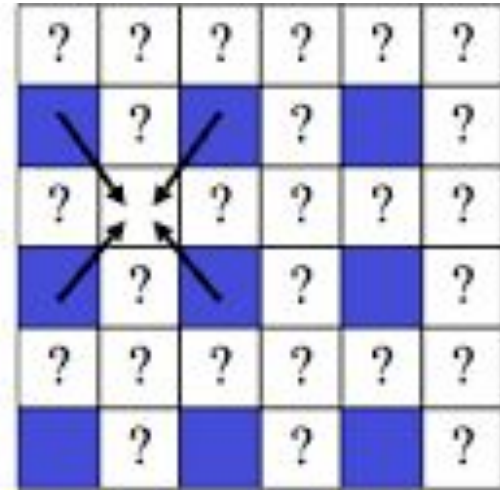
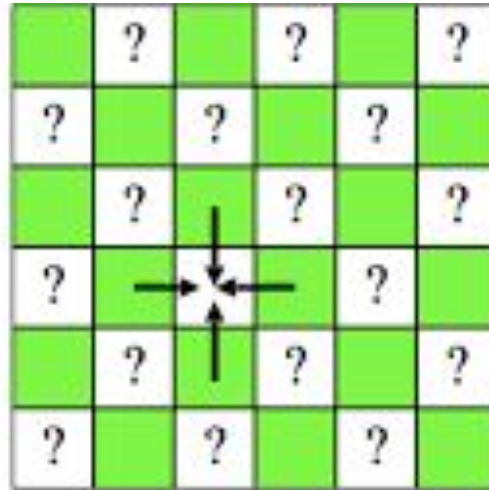
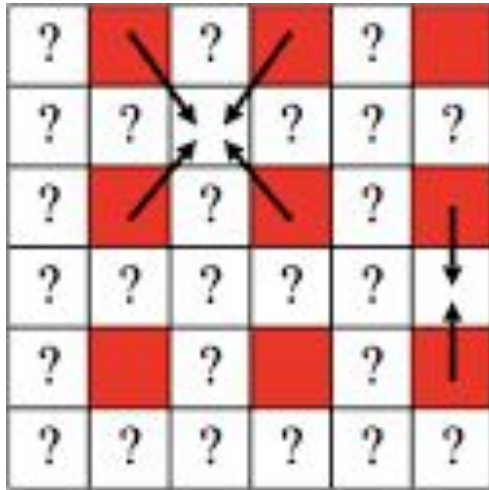
- *Image Signal Processor (ISP)* é um módulo (software) que realiza uma série de transformações na imagem com o objetivo de: Transformar um *RAW* em uma imagem RGB, aplicar correções relativas à fenômenos físicos causados pela lente e pela iluminação do ambiente, diminuir quantidade de ruído da imagem e outros.
- As transformações utilizadas e a ordem de aplicação das mesmas varia entre *ISPs*.
- A transformação mais comum é o *demosaicing*, processo que visa gerar uma imagem RGB a partir do *RAW*. Este processo vem sendo implementado de diferentes formas, existindo uma troca entre eficiência computacional e qualidade da imagem gerada.



# Fotografia Computacional: *Demosaicing*

- Utilizado para estimar o valor dos dois canais de cores restantes para todos os *pixels* da imagem.
- Para estimar o valor de um canal de cor em certo *pixel*, se utiliza de informações de pixels próximos que contêm a informação daquela cor.
- As abordagens clássicas mais comuns são as interpolações, parametrizadas pelo grau da mesma. Esse parâmetro indica o que vai ser responsável por indicar o que será considerado um vizinho próximo ou distante.
- Implementações de interpolação bi-lineares de baixo grau tendem a apresentar a maior quantidade de ruído e artefatos, porém, são as mais rápidas em tempo de execução e as simples de se entender.
- Depende do *CFA*.

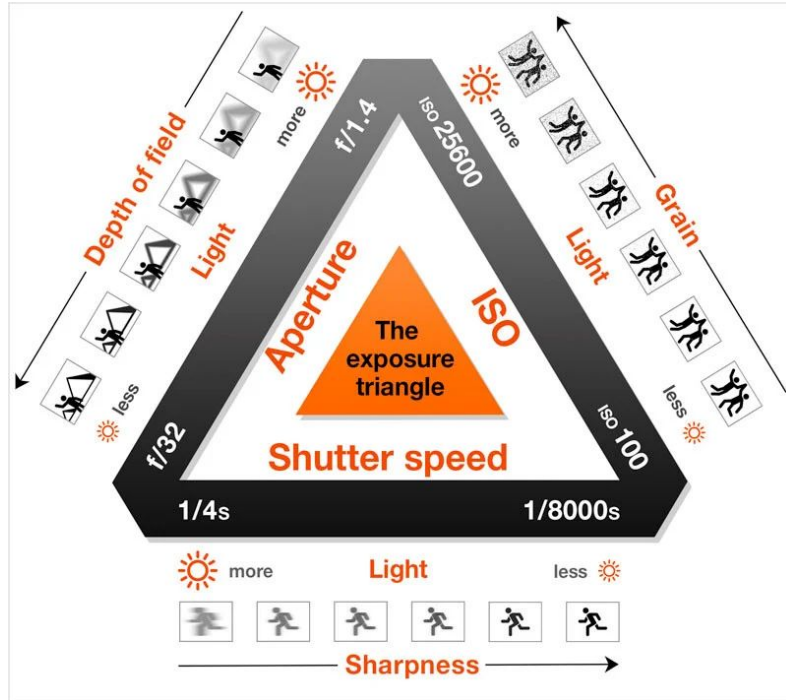
# Fotografia Computacional: *Low Order Interpolation*



# Fotografia: Exposição

- Exposição é um termo utilizado para informar a quantidade de luz que chegará ao sensor.
- Os parâmetros da câmera, como: Abertura do diafragma, velocidade do obturador e ISO\*, influenciam na exposição ao mesmo tempo que influenciam outras características da foto.
- Fotos com baixa exposição (subexpostas) são fotos predominantemente escuras e com alta exposição (superexpostas) são predominantemente claras.
- Fotômetro é uma ferramenta que mede a exposição da área de foco da imagem.

# Fotografia Digital: Exposição



# Fotografia Computacional: *HDR*

- *High-Dynamic Ranging (HDR)* são um conjunto de técnicas utilizadas para ter um maior intervalo de luminosidade do que o possível em técnicas comuns de fotografia.
- Tradicionalmente, em cenários onde existem áreas muito claras e muitas escuras, é comum que exista perda de detalhe em um dos extremos de iluminação.
- Geralmente, *HDR* utiliza a combinações de múltiplos *frames (Burst Photography)*, em diferentes exposições, para gerar imagens mais detalhadas e mais fiéis ao que observador na cena é capaz de perceber.
- Uma imagem gerada por estas técnicas (Imagem *HDR*) precisa ser transformada em uma imagem com intervalo de luminância menor para ser exibida em uma tela convencional.

# Fotografia Computacional: *HDR*



Under exposure



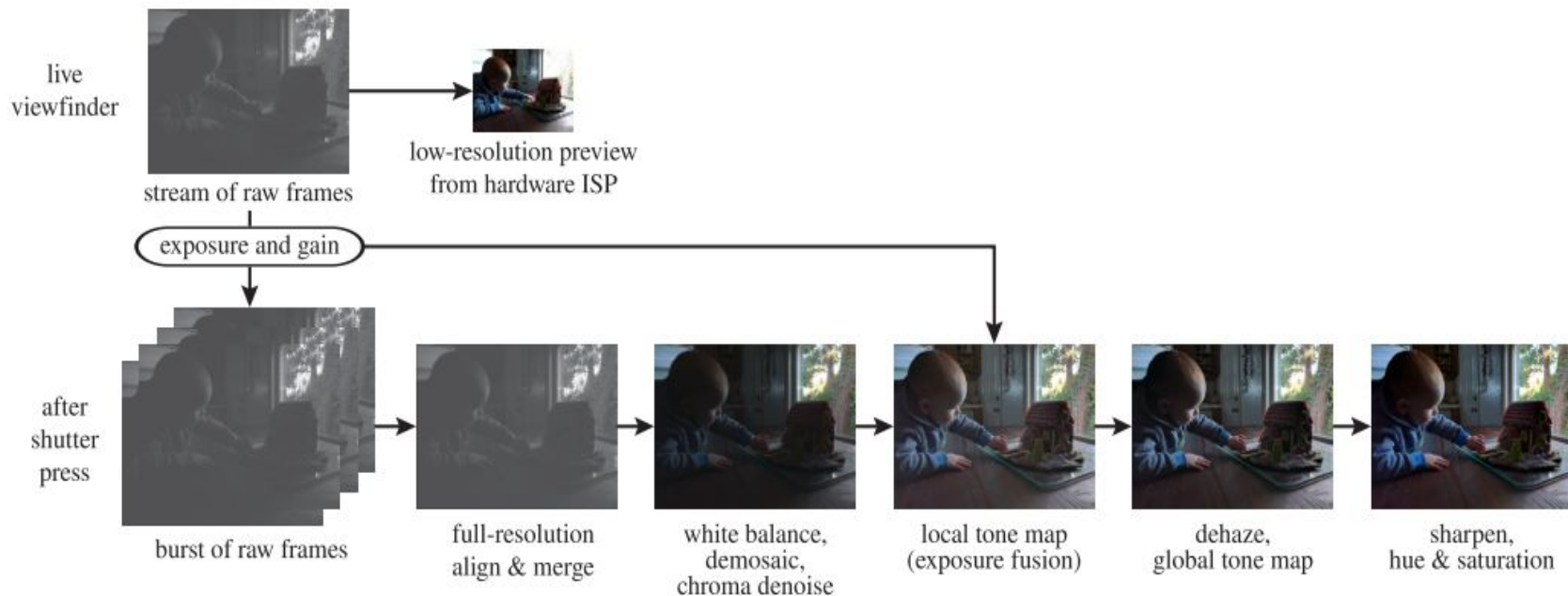
Over exposure



HDR final image



# Fotografia Computacional: *Burst Photography*



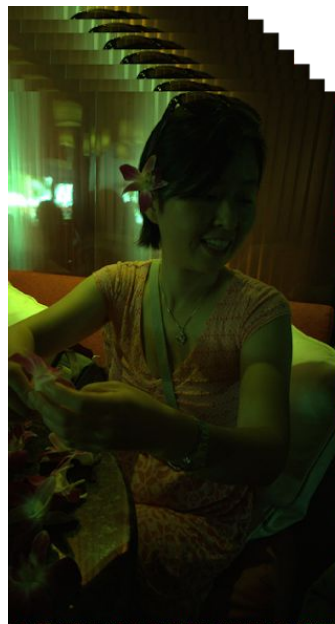
# Fotografia Computacional: Aprendizagem Profunda

- Popularização de modelos baseados em DL em tarefas de processamento de imagem naturalmente levaram à aplicação dos mesmos em tarefas de fotografia computacional.
- Estratégias de implementação de modelos de DL em dispositivos *mobile* aumentaram o interesse da indústria, e, conseqüentemente aceleraram o estado da arte.
- Investimento em criação de base de dados com imagens RAW e RGB de altíssima qualidade, ou até de câmeras profissionais, também impulsionaram a utilização de DL na área.

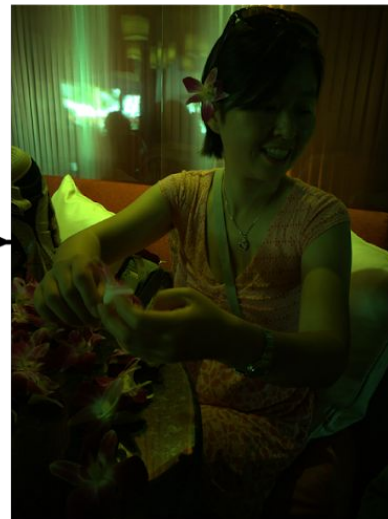
# Fotografia Computacional

## Bases de dados: HDR+ (Google)

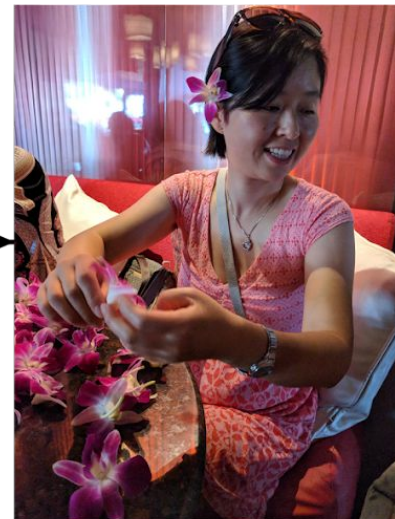
- Possui burst de imagens RAW, um RAW merged e uma RGB.
- Apenas o burst foi de fato capturado pela câmera.
- Merged e RGB são resultado de algoritmos clássicos.



Burst of raw frames



Merged raw image



Final high-quality result

# Fotografia Computacional

## Bases de dados: Zurich

- Possui uma RAW capturado por celular e uma RGB capturado por câmera profissional
- A imagem RGB passa pelo ISP da câmera.
- A base foi proposta juntamente com um modelo de DL, o **PyNET**, para tentar realizar o mapeamento de imagens de celular para imagens de câmera.



Huawei P20 RAW - Visualized



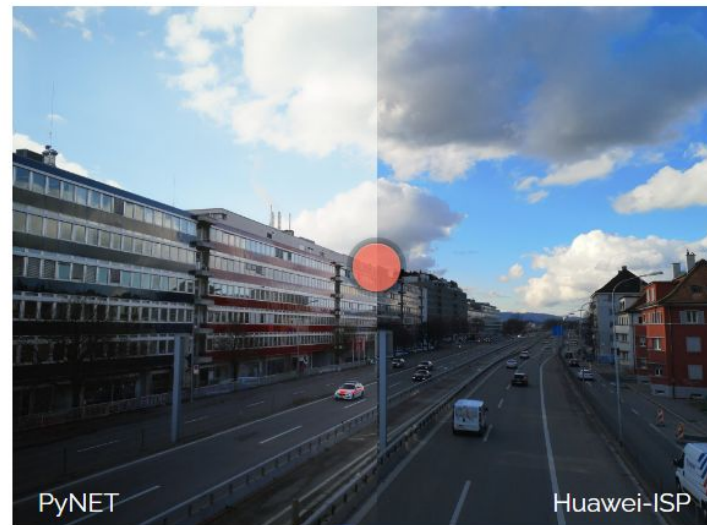
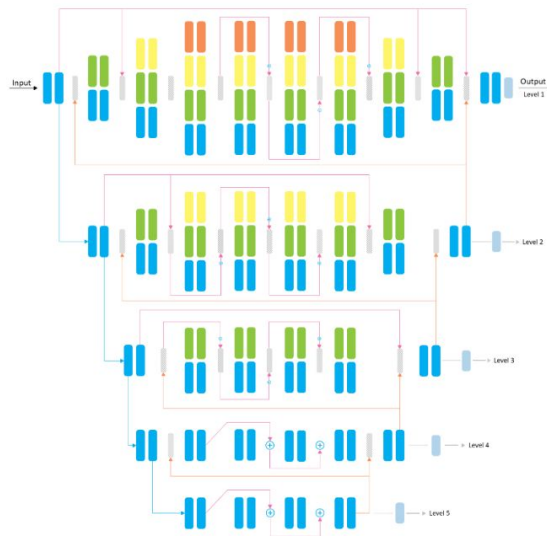
Huawei P20 ISP



Canon 5D Mark IV

# Fotografia Computacional: Deep Learning PyNET

- Arquitetura larga e extremamente custosa.
- Os processos realizados ficam invisualizáveis.
- Resultados pouco convincentes, ainda mais quando se realiza uma inspeção visual.





# Fotografia Computacional: Base de Zurich - Competição

- Competição aberta baseada na base de dados proposta pelos autores da PyNET.
- Diferentes grupos submetem suas arquiteturas para testes e avaliações na base de Zurich.

## AIM 2019 Challenge on RAW to RGB Mapping: Methods and Results

Andrey Ignatov	Radu Timofte	Sung-Jea Ko	Seung-Wook Kim	Kwang-Hyun Uhm
Seo-Won Ji	Sung-Jin Cho	Jun-Pyo Hong	Kangfu Mei	Juncheng Li
Jiajie Zhang	Haoyu Wu	Jie Li	Rui Huang	Muhammad Haris
Greg Shakhnarovich	Norimichi Ukita	Yuzhi Zhao	Lai-Man Po	Tiantian Zhang
Zongbang Liao	Xiang Shi	Yujia Zhang	Weifeng Ou	Pengfei Xian
Jingjing Xiong	Chang Zhou	Wing Yin Yu	Yubin	Bingxin Hou
	Songhyun Yu	Sangmin Kim	Jechang Jeong	Bumjun Park

### Abstract

*This paper reviews the first AIM challenge on mapping camera RAW to RGB images with the focus on proposed solutions and results. The participating teams were solving a real-world photo enhancement problem, where the goal was to map the original low-quality RAW images from the Huawei P20 device to the same photos captured with the Canon 5D DSLR camera. The considered problem embraced a number of computer vision subtasks, such as image demosaicing, denoising, gamma correction, image resolution and sharpness enhancement, etc. The target metric used in this challenge combined fidelity scores (PSNR and SSIM) with solutions' perceptual results measured in a user study. The proposed solutions significantly improved baseline results, defining the state-of-the-art for RAW to RGB image restoration.*

many subsequent papers that have substantially improved the baseline results [22, 6, 28, 10, 18]. A further development in this field was facilitated by the PIRM challenge on perceptual image enhancement on smartphones [15] and the NTIRE 2019 challenge on image enhancement [13] that were working with a diverse DPED dataset [11] and produced a large number of efficient solutions.

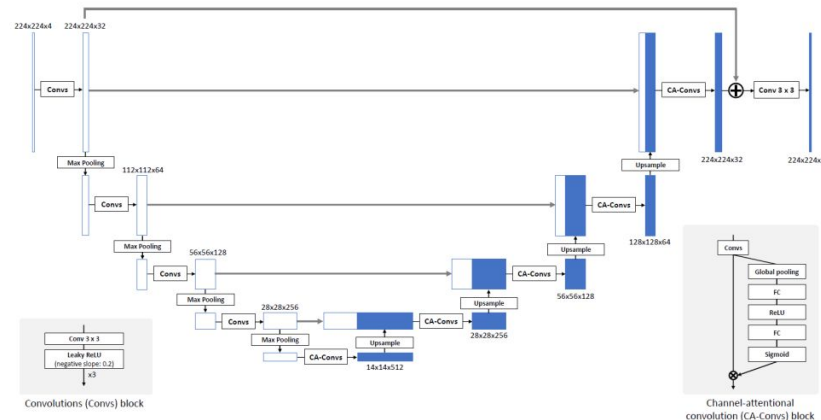
The AIM 2019 RAW to RGB mapping challenge is a step forward in benchmarking example-based single image enhancement. It uses a large-scale Zurich RAW to RGB (ZRR) dataset consisting of RAW photos captured with the Huawei P20 mobile camera and the Canon 5D DSLR, and is taking into account both quantitative and qualitative visual results of the proposed solutions. In the next sections we describe the challenge and the corresponding dataset, present and discuss the results and describe the proposed methods.



# Fotografia Computacional: Base de Zurich - Competição

- Arquiteturas variam entre estratégias mais “força bruta” e modelos híbridos e generativos.
- Alguns possuem de módulos para realizar tarefas específicas, como: denoising, sharpening, super-resolution e etc; outros (como o campeão CVIP), abstraem com a utilização de camadas convolutivas.

## 4.1. CVIP



# Fotografia Computacional: Base de Zurich - Competição

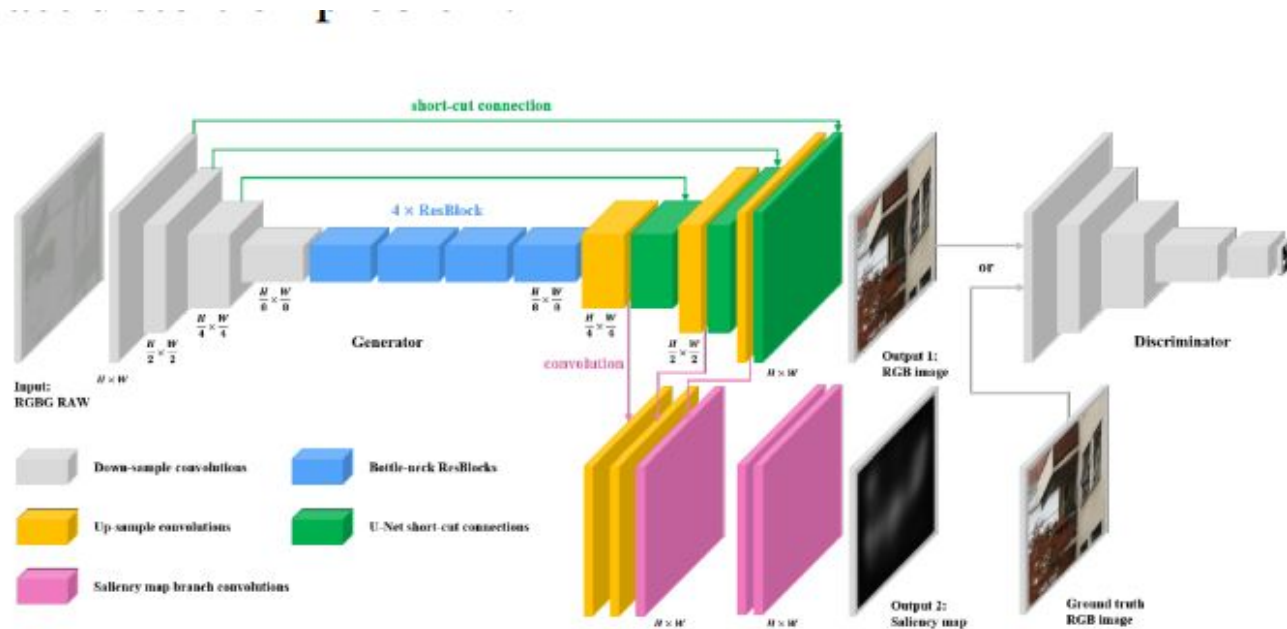


Figure 5. Saliency map-aided generative adversarial network proposed by CityU TI Lab.