



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA**

CARLOS EDUARDO OLIVEIRA CRUZ

**PRÉ PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA FOTOGRAMETRIA DIGITAL
3D.**

**Limeira
2020**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA**

CARLOS EDUARDO OLIVEIRA CRUZ

**PRÉ PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA FOTOGRAMETRIA DIGITAL
3D.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Engenharia Ambiental à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador(a): Prof. Dr. Bernardo Tavares Freitas

**Limeira
2020**

Índice

1. Introdução
2. Objetivo
3. Matérias
4. Métodos
5. Resultados e Discussão
6. Conclusão
7. Referências

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e condições de fazer todo esse trabalho. Também agradeço meus pais por sempre me apoiarem em todas minhas decisões e estarem sempre ao meu lado. Ao professor Bernardo por dispor do seu tempo para me ajudar e sanar todas as minhas dúvidas, além de me proporcionar muito conhecimento. Também agradeço ao Leonardo por estar sempre disposto a me ajudar durante toda a construção e elaboração do meu TCC. Ao meu grande amigo Pedro Monteiro que sempre me apoiou em tudo e esteve ao meu lado durante toda a minha graduação. Obrigado Julia Poletti por sempre me apoiar em todas as minhas decisões e sempre me motivou a fazer tudo. Agradeço também a República Tumba por fazer meus dias na universidade ainda mais incríveis, e ter ajudado a me tornar quem sou. Muito obrigado a todos.

Resumo

Esse trabalho consiste em realizar um estudo de caso com 3 modelos tridimensionais de um afloramento rochoso de arenito com estratificações cruzadas presentes nele. Cada modelo será produzido através de um software chamado Agisoft Metashape. dois dos modelos serão produzidos com fotos pré-processadas pelo software Darktable em quando o outro modelo que irá servir de referência será produzido com fotos sem o pré-processamento. O principal objetivo é identificar se o pré-processamento das fotos irá proporcionar uma melhora na velocidade do processamento de geração do modelo tridimensional e se a houve uma melhora na qualidade do modelo tridimensional. com os resultados obtido pode-se observar que para se buscar uma maior profundidade aparente do modelo será necessário abrir mão da variável tempo de processamento.

Abstract

This work consists of carrying out a case study with 3 three-dimensional models of a rocky outcrop of sandstone with crossed stratifications present in it. Each model will be produced using software called Agisoft Metashape. two of the models will be produced with photos pre-processed by the Darktable software when the other model that will serve as a reference will be produced with photos without pre-processing. The main objective is to identify if the pre-processing of the photos will provide an improvement in the processing speed of generation of the three-dimensional model and if there has been an improvement in the quality of the three-dimensional model. With the results obtained, it can be observed that in order to seek a greater apparent depth of the model, it will be necessary to give up the variable processing time.

1. Introdução.

A análise de paleocorrentes é uma ferramenta de muita importância para a investigação da história da terra, apesar de apresentar um ótimo potencial para prospecção mineral, exploração e desenvolvimento de campo de petróleo e de águas subterrâneas, também contribuíram para o desenvolvimento de toda nossa literatura do campo da geologia. Muitos estudos sobre afloramentos rochosos, que são exposições de uma rocha na superfície da Terra. Essa exposição da rocha pode ser formada naturalmente pela erosão do solo que cobria a rocha, ou pela ação humana, como por exemplo, em cortes de estradas. Os Afloramentos são de extrema importância nos estudos geológicos pois possibilitam a observação direta das rochas. Através dos afloramentos, os geólogos podem fazer mapas geológicos de superfície e supor cenários passados daquela região por meio da interpretação das informações visuais contidas no afloramento rochoso.(NICHOLAS, G. 2009). Outro elemento importante nos afloramentos são as estratificações cruzadas, essas são estruturas dispostas em lâminas ou camadas que se cruzam e que foram depositadas dentro de um processo contínuo de sedimentação, sem ocorrer discordância. Essas estruturas podem aparecer em um afloramento rochoso, o que indicaria a existência de um antigo canais de rios, de marés (ver espinha de peixe), nas frentes de deltas (em ambiente subaquático ou litorâneo), em dunas (em ambiente subaéreo). Sendo assim, as estratificações cruzadas permitem determinar o tipo de ambiente geológico que deu origem às rochas onde eles ocorrem. (Nichols, 2009).

Alguns estudos sobre esses elementos tornam se quase impossível devido ao difícil acesso até esses locais, sendo necessário a utilização de técnicas de escaladas entre outras. Diante de situações como essas a fotogrametria digital pode ter grande utilidade à medida que se torna possível produzir modelos 3D de afloramentos rochosos (também conhecidos como Afloramentos Virtuais) a partir de fotografias tiradas com o auxílio de drones. Esse modelo é produzido a partir de um conjunto de fotos que são processadas por um software. O Agisoft Metashape (Nova versão do conhecido Agisoft PhotoScan) é um dos diversos softwares capazes produzir um afloramento virtual (e.g. Tavani et al., 2014; Viana et al., 2016; Barbasiewicz et al., 2018) E o Agisoft Metashape utilizam algoritmos chamado *Structure from Motion* (SfM) e *Multi-View Stereo* (MVS) para realizar esse processo. (AZEVEDO,2005).

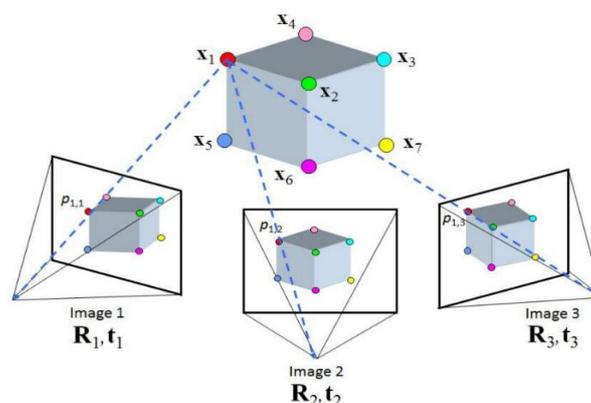
A construção de afloramento virtuais têm se tornou acessível devido ao desenvolvimento desses algoritmos (SfM) e (MVS) (e.g. Carrivick et al., 2013, Carrivick et al., 2016; Pavlis & Mason, 2017). A facilidade de utilização de softwares baseados em *SfM-MVS* permite produzir modelos tridimensionais com alta precisão e fidedigno à realidade, o que pode ser de extrema importância para o campo da geologia.

As tomadas de decisões executadas pelos algoritmos *SfM-MVS* são totalmente dependentes da maneira como as fotografias são obtidas por conta de posições diferentes e com um bom recobrimento lateral e longitudinal do alvo (Fleming e Pavlis 2018 Cawood et al 2017). As tomadas de imagens podem ser de movimento contínuo, variado ou estático, como exemplificado no manual do

usuário do Metashape (Agisoft ,2019). Apesar do algoritmo conseguir trabalhar com quaisquer tipos de imagens, é aconselhável que sejam atendidos alguns critérios mínimos para a obtenção de bons resultados. Evitando o uso lentes fish eye (olho de peixe), câmeras com menos de 5 MP de resolução e posições de tomada da foto que não recobre totalmente o alvo. (e.g. Metashape, 2019). (ULLMAN,1979).

O SFM é uma ferramenta muito utilizada em quase todos os softwares para geração de um modelo 3D a partir de imagens 2D. o seu grande atrativo está relacionado ao baixo custo, tanto em questão de hardware como software,além de sua velocidade de processamento se comparado com métodos de fotogrametria tradicional(Carrivick et al., 2016). Sendo assim, a geração e aplicação de modelos digitais tridimensionais obtidos através do SMF vem contribuindo muito para os avanços nos estudos da Geociência. A figura 1 mostra um esquema do princípio de funcionamento do SFM.

Figura 1 - Representação do princípio de funcionamento do SFM. O ponto P na imagem pode ser encontrado em todas as fotos assim o algoritmo SMF consegue calcular o posicionamento do ponto P no objeto espaço criado pelo software.



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Structure-from-Motion-SfM-process-is-illustrated-The-structure-in-the_fig2_269327935.

A figura 1 é uma representação da metodologia utilizada no algoritmo SMF, mostrando como teoricamente funciona a detecção dos pontos de um determinado objeto. Repare que segundo a imagem o ponto X1 está presente na imagem 1 e imagem 2, porém o próprio algoritmo já consegue supor que a existência desse mesmo ponto está presente na parte de trás da imagem 3. Essa suposição acontece por conta da triangulação dos dados fornecidos por cada ponto ou Pixel de cada imagem, assim o algoritmo consegue unir todas essas informações para produzir um modelo 3D.

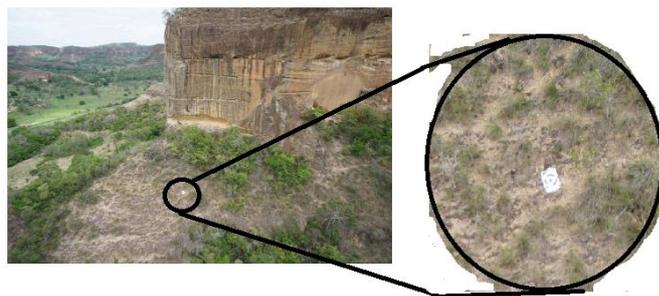
Na fotografia digital a qualidade da lente e o número de pixels por unidades de área, melhoram substancialmente a qualidade da imagem proporcionando mais detalhes e menor perda de resolução da imagem com o zoom (RAMALHO, J. 2014) sendo de extrema importância para a melhora da qualidade do modelo 3D.

O Agisoft Metashape é uma ferramenta avançada de modelagem 3D baseada em imagens que visa criar um modelo 3D de qualidade a partir de imagens. As fotos podem ser tiradas de qualquer posição, desde que o objeto a ser reconstruído seja visível em pelo menos duas fotos. O alinhamento da imagem e a reconstrução do modelo 3D são totalmente automatizados (Agisoft, 2019).

Para se obter o modelo 3D, as imagens devem ser inseridas dentro do programa Agisoft Metashape. O primeiro passo é o alinhamento da câmera. Nesta fase, o Metashape procura pontos comuns nas fotografias e os combinam, assim ele encontra a posição da câmera para cada foto além de criar uma nuvem de pontos esparsa. A nuvem de pontos esparsa representa os resultados do alinhamento de fotos (Agisoft, 2019).

Após o alinhamento deve-se identificar os marcadores ou ponto de controle, nas imagens, a identificação deve ser feita manualmente no software, indicando a altitude e as coordenadas de cada marcador. Os marcadores (figura 2) têm finalidade de ponto de referência durante o processamento do modelo 3D. Durante o posicionamento do marcador deve-se utilizar um GPS (ashtech promarck2) para para saber a localização exata de cada marcador. Para a modelagem 3D o número mínimo de marcadores são 3 para triangulação de dados e no mínimo 4 para controle e ajuste de erros no software metashape, lembrando que quanto maior for o número de pontos de controle (marcadores), mais preciso será a amarração do modelo 3D (Argisoft, 2019).

Figura 2: exemplo de marcador colocado no afloramento rochoso.



O próximo passo é a geração da nuvem de pontos densa, onde o software atribui mais pontos para o modelo 3D (Argisoft, 2019).

O terceiro estágio é a geração de uma superfície chamada de malha, essa representa a superfície do objeto com base na nuvem de pontos, essa malha é gerada a partir da triangulação dos pontos contidos nas nuvens (Argisoft, 2019).

Depois que a superfície é reconstruída, ela pode ser texturizada, nessa etapa o Metashape preenche os espaços das malhas com as cores, assim finalizando o processamento e gerando o modelo 3D final (Argisoft, 2019).

Associado a essa metodologia, pode-se utilizar a tecnologia dos drones para conseguir capturar imagens de afloramentos rochosos que são de difíceis acessos, assim produzindo uma grande base de dados (imagens) para produzir o afloramento virtual, que servirá de apoio para realizar estudos geológicos de forma mais rápida e prática para obtenção de dados.

Muitas vezes o processamento das imagens no Agisoft Metashape pode demorar dias, semanas ou até mesmo meses para ser finalizado, isso devido à alta ou baixa qualidade das fotos e ao número exorbitante de fotos que podem ser processadas resultando no modelo 3D. Muitas vezes esse modelo tridimensional acaba ficando com alguns ruídos, que são provenientes da dificuldade do software em interpretar alguns pontos na imagem e produzindo pontos errôneos no modelo 3D, Estes são gerados na tentativa de interpolação do algoritmo SMF de reproduzir a realidade, onde o algoritmo acaba calculando erroneamente algumas feições como as de bordas, pontos no céu, vegetação e outros alvos que podem estar em movimento ou mudar a posição no momento da captura das imagens. Tais erros teoricamente não são totalmente prejudiciais ao resultado do modelo 3D, mas torna o resultado visualmente desagradável e atrapalha o utilizador, forçando a remoção dessas informações erradas de forma manual no software. (Argisoft, 2019).

Sendo assim, uma das possíveis soluções para esse problema seria o pré-processamento das fotos, conhecido também como processamento fotográfico onde busca-se fazer um tratamento em todas as imagens através de softwares de edição fotográfica como, Photoshooop, Lightroom, Darktable entre outros. Com a utilização deste, é possível melhorar a qualidade da imagem alterando propriedades de brilho, contraste, sombra, nitidez etc. Buscando diminuir o

tempo de processamento do modelo 3D e melhorando a qualidade do modelo tridimensional.

Os programas de edição de imagem como o Darktable que é uma ferramenta gratuita, além de realizar o pré-processamento de imagens, também permitem comprimir a imagem em diversos formatos como JPEG, RAW, etc. que também podem fazer toda a diferença na hora do processamento do modelo 3D, já que cada formato desses possuem um nível de qualidade de imagem e com um tamanho de arquivo diferente. (darktable 2.6)

2. Objetivo.

Este trabalho tem como objetivo comparar o modelo 3D de um afloramento rochoso (MR36C), gerado a partir de fotos sem Pré-processamento de imagem no formato JPEG comprimido pelo software Darktable, com outros modelos 3D do mesmo afloramento onde as fotos foram pré-processadas pelo Darktable e compactadas no formato JPEG. A partir da análise desta comparação, será verificado a efetividade do pré-processamento em relação a velocidade de geração do modelo 3D, tamanho da base de dados do modelo e comparando a qualidade gráfica entre os modelos.

3. Materiais.

Todo o estudo de caso apresentado neste trabalho foi realizado a partir do arenito de origem fluvial bem exposto no Nordeste do Brasil, o qual possui uma face vertical de aproximadamente 25 m de altura que compõe uma exposição da Formação Marizal com mais de 40 m de altura. A Formação Marizal, cobre aproximadamente 80% da Bacia do Tucano e apresenta espessura máxima de aproximadamente 300 m (Viana et al., 1971). Às formações de Marizal, são derivadas de sistemas fluviais e leques aluviais (Freitas et al., 2017) (Silva. L 2020).

Nessa exposição rochosa, foram colocados 5 pontos de controle em lugares tecnicamente estratégicos sobre todo o afloramento. Ao colocar cada marcador, utilizamos o auxílio de um GPS de alta precisão (Ashtec) para identificarmos a coordenada e a altitude da cada um dos pontos de controle e anotamos esses dados em um bloco de notas.

Após esse procedimento, utilizou-se um Drone (modelo X800 Xfly Brasil) e uma câmera fotográfica acoplada a ele para tirar diversas fotos do nosso alvo, a exposição rochosa de arenito com suas estratificações cruzadas. essas fotos formam um banco de dados para o nosso estudo de caso.

Com todas as fotos tiradas, levamos todo o material para um laboratório de informática e descarregamos todas as fotos em formato RAW para um computador. Com as fotos no computador, abrimos o software Darktable e

exportamos essas imagens para ele a fim de compactá-las no formato JPEG e se necessário realizar o pré-processamento das imagens.

Com as imagens em formato JPEG conseguimos exportá-las para a Software Agisoft Metashape, onde iremos processá-las a fim de produzir um modelo 3D da exposição rochosa.

4 Método

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso com metodologias de pré-processamento diferentes. Que consistem em 3 modelos 3D's, distintos, um dos modelos não tiveram suas imagens pelo pré-processamento o qual recebeu o nome de "Modelo De Referência", já os outros 2 modelos passaram pelo pré-processamento de imagem, um modelos cuja as fotos passaram por uma "correção de lente " por isso o nome referente a esse modelo é "Modelo Correção de Lente" e um modelo cuja as fotos passaram por uma correção de contraste local o qual foi denominado de "Modelos Contraste Local" todos esses modelos foram realizados na mesma qualidade, (*high quality*) de geração de modelo 3D pelo software Agisoft Metashap .

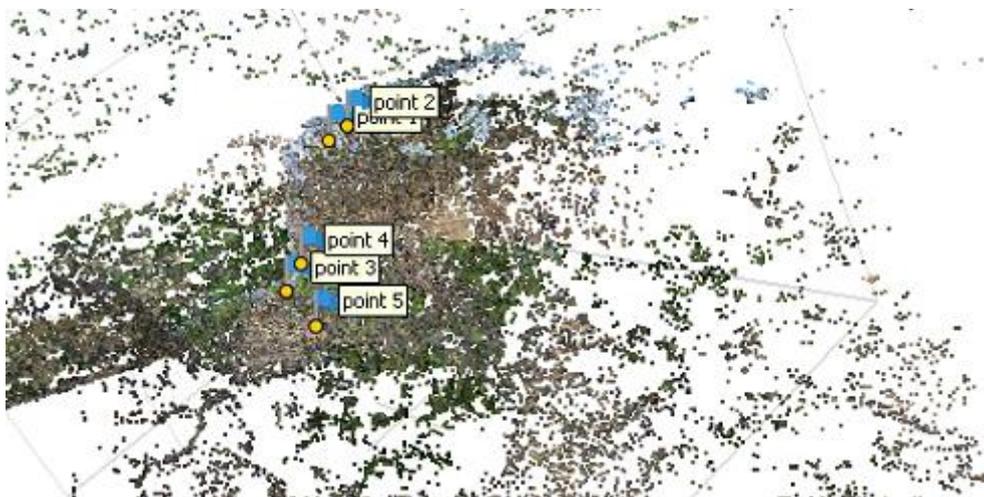
Modelo de Referência.

O primeiro passo para realizar o novo modelo 3D de referência foi anexar todas as fotos no formato RAW no software Darktable e compactá las em formato JPG. e salvá-las todas em uma pasta. Agora com as fotos em formato JPG,

exportamos essas fotos para o software Agisoft Metashap. Lembrando que essas fotos não passaram por nenhum pré-processamento de imagem.

Após a inserção das fotos no Agisoft Metashap, aplicamos a função “*Tie Pontis*” também conhecida como nuvem de pontos. Após a conclusão desse processo, indicamos para o software quais são os marcadores presentes nas fotos e corrigimos a identificação de cada marcador em cada uma das fotos até que todos os marcadores estejam devidamente posicionados. Após todo esse trabalho de identificar cada marcador nas respectivas fotos (figura 3), aplicamos as coordenadas e altitude referente a cada marcador, esse processo serve para aumentar a precisão da escala do modelo 3D.

Figura 3: nuvem de pontos do Modelo de Referência.

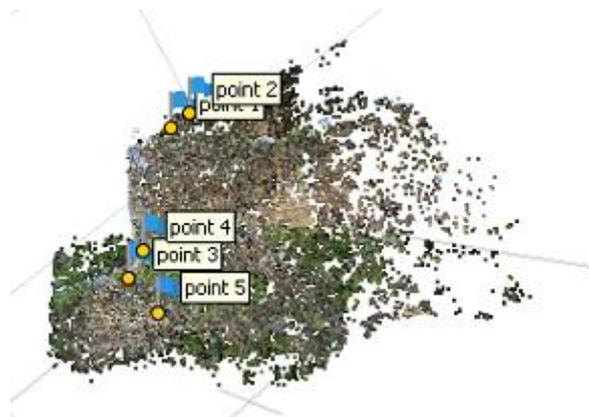


Após esses processos o software entrega esse tipo de informação. e com essa informação percebe-se que existe muitos pontos que não são de interesse para a próxima etapa de processamento, sendo assim o mais interessante a se fazer é eliminar os pontos que não são de interesse para a nossa próxima etapa do

processamento, a “*Dense Cloud*” também conhecida como nuvem de pontos densa , a eliminação desses pontos não interessante também vai ajudar a acelerar o processo de criação da nuvem de pontos densa.

Com a eliminação desses pontos não interessante conseguimos ficar com a nuvem de pontos dessa forma mostrada na figura 4 a seguir.

Figura 4: nuvem de pontos do Novo Modelo de Referência com a eliminação de pontos não interessantes para a próxima etapa.



Com essa etapa de eliminação de pontos de não interesse finalizada foi realizada a próxima etapa do processamento, a geração da nuvem de pontos densa. Ao concluir a etapa de nuvem de pontos densa, o software entregou o que pode ser visto na próxima “figura 5”.

Figura 5: nuvem de pontos densa do Novo Modelo de Referência.



Como pode-se observar a nuvem de pontos densa ficou com inúmeros pontos que não fazem nenhum sentido para o modelo 3D, sendo assim a próxima etapa na geração do modelo deve ser a eliminação desses ruídos. Essa etapa é feita manualmente e eliminando cada ponto desses que não são interessantes para o modelo 3D. Ao finalizar a eliminação desses ruídos e das partes de não interesse para a geração do modelo 3D, a nuvem de pontos densa ficou da seguinte forma.

Figura 6: nuvem de pontos densa do Novo Modelo de Referência após a eliminação dos ruídos e pontos de não interesse para a geração do modelo 3D.



como pode-se observar, alguns ruídos ainda ficaram presentes na nuvem de pontos densa, isso ocorre pois como o processo de remoção é feito manualmente utilizando o mouse do computador, alguns desses ruídos estavam muito rentes ao afloramento rochoso, que são regiões de interesse para o modelo 3D e a eliminação desses ruídos muito próximos do afloramento rochoso, poderia causar a eliminação de regiões de interesse no nosso modelo 3D, sendo assim é preferível deixar esses poucos ruídos a fim de evitar perda de detalhes no modelo 3D.

Com a nuvem de pontos densa sem grande parte dos ruídos, deu-se andamento na geração do modelo 3D que pode ser observada na figura 7.

Figura 7: Modelo 3D de Referência.



O próximo passo é eliminar as partes que não são de interesse no modelo e aplicar a última etapa do processamento, a texturização, o que irá proporcionar os mínimos detalhes gráficos do modelo 3D, como pode-se observar na figura 8.

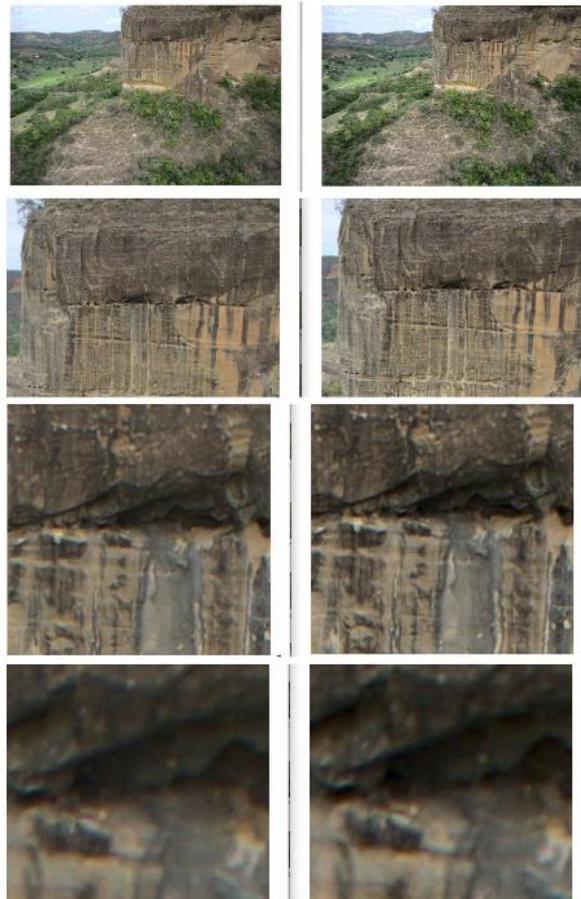
Figura 8: Modelo 3D do Novo Modelo de Referência com a texturização.



Modelo Contraste Local.

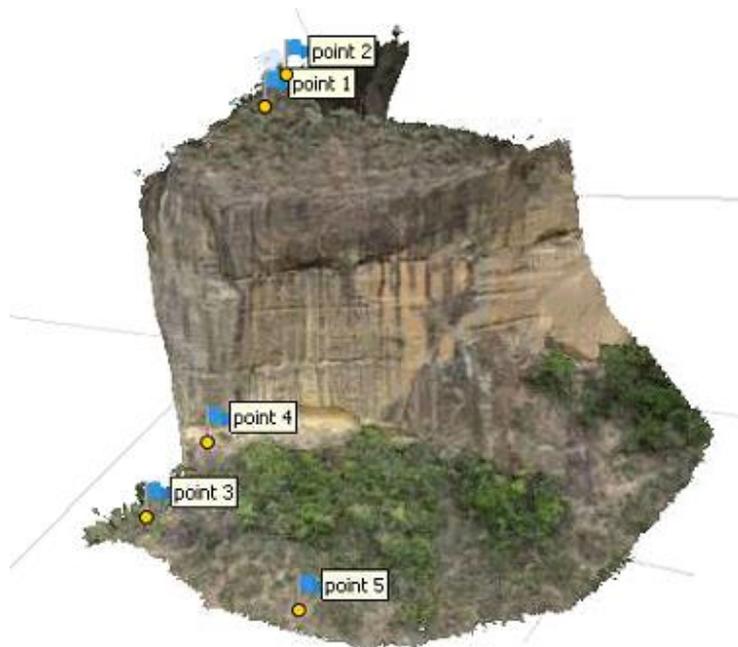
O primeiro passo para a geração desse modelo 3D com o nome "Modelo 3D Contraste Local" é anexar no software Darktable todas as 426 fotos no formato RAW e submetê las todas elas a um filtro que já vem no próprio software, chamado de contraste local. Após a aplicação desse filtro em todas as fotos, deve-se salvá las em formato JPG em uma pasta. Essa etapa de aplicação do filtro é chamada de pré-processamento, as fotos pré-processadas ficaram apenas um pouco diferentes das originais como pode-se observar na figura 9.

Figura 9: fotos sem pré-processamento no lado esquerdo X foto pré-processadas com o contraste local no lado direito.



Após essa etapa do pré-processamento repetimos todas as etapas citadas no processamento do Modelo 3D de Referência, obtendo como resultado final um modelo 3D Contraste Local (Figura 10).

Figura 10: Modelo 3D Contraste Local.

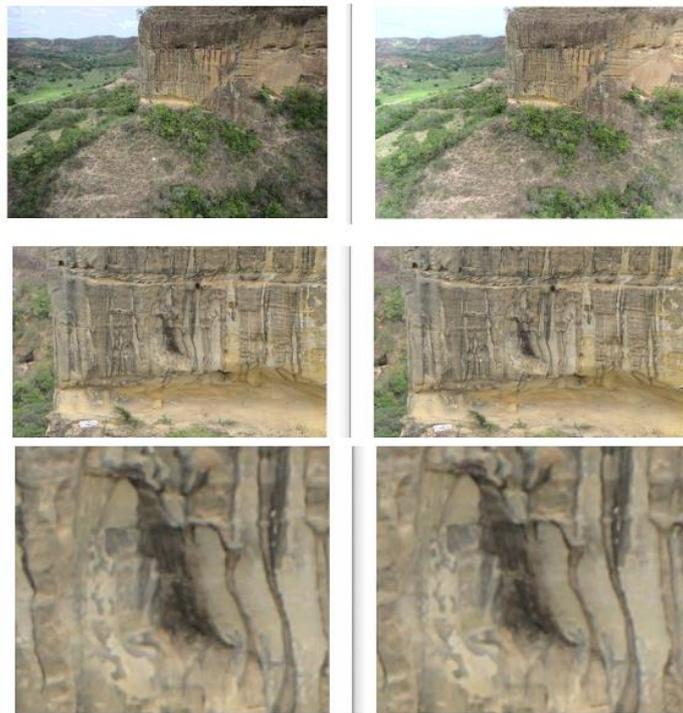


Modelo Correção de Lente.

O primeiro passo para a geração desse modelo 3D com o nome "Modelo 3D Correção de Lente" é anexar no software Darktable todas as 426 fotos no formato RAW e submetê-las a um filtro que já vem no próprio software, chamado de correção de lente. Após a aplicação desse filtro em todas as fotos, deve-se salvá-

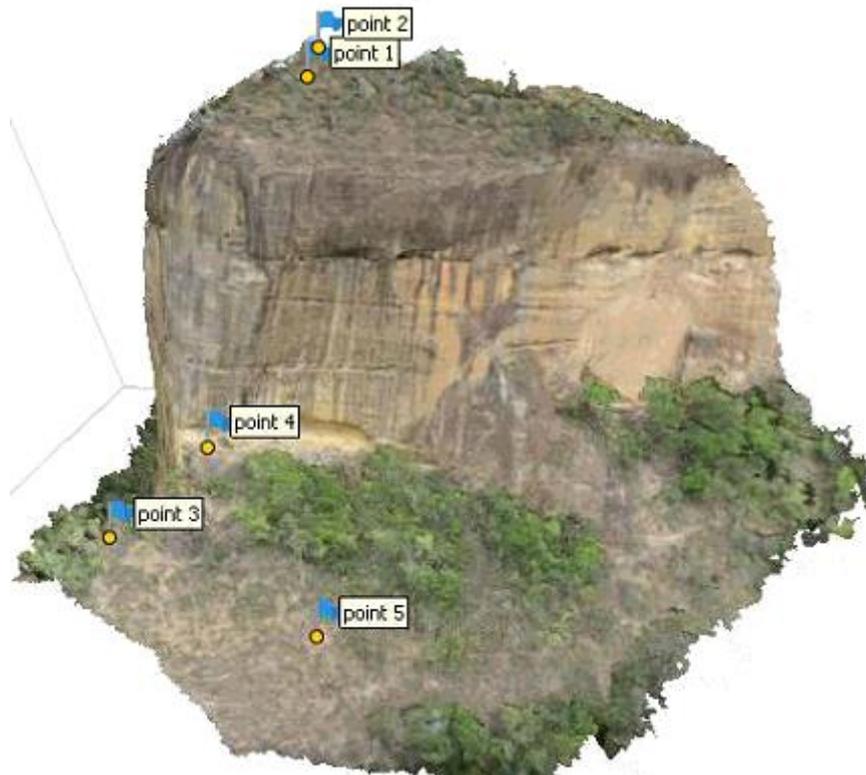
las em formato JPG em uma pasta. Essas fotos pré-processadas ficaram apenas um pouco diferentes dos originais, como pode-se observar na figura 11.

Figura 11: fotos sem pré-processamento X foto pré-processadas com correção de lente respectivamente.



Com o pré-processamento concluído, e todas as imagens salvas no formato JPG dentro de uma pasta, pode-se iniciar todas as etapas de Processamento de Modelagem 3D assim como as etapas feitas no Modelo 3D de Referência. Ao finalizar todo processamento o resultado obtido do modelo 3D ficou satisfatório (figura 12).

Figura 12: Modelo 3D Correção de Lente.



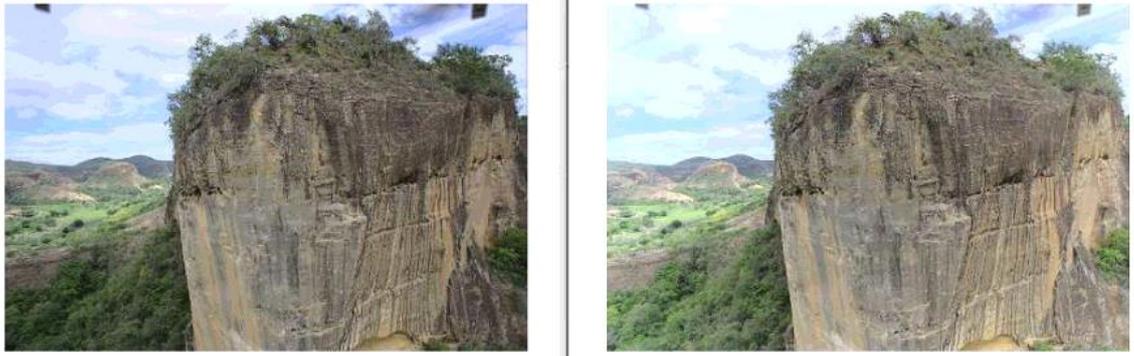
5.2 Resultados e Discussão

O primeiro resultado a se analisar no estudo de caso é referente ao pré-processamento das imagens. Sendo assim foi feita uma análise ocular das principais diferenças entre as imagens pré-processadas e as imagens que não passaram pelo pré-processamento.

Comparando uma imagem pré-processada com o filtro Correção de Lente com a mesma imagem sem o pré-processamento. Pode-se observar na figura 25 que a imagem pré-processada do lado direito está relativamente mais brilhante, as cores azuis do céu ganharam mais brilho, enquanto as sombras do

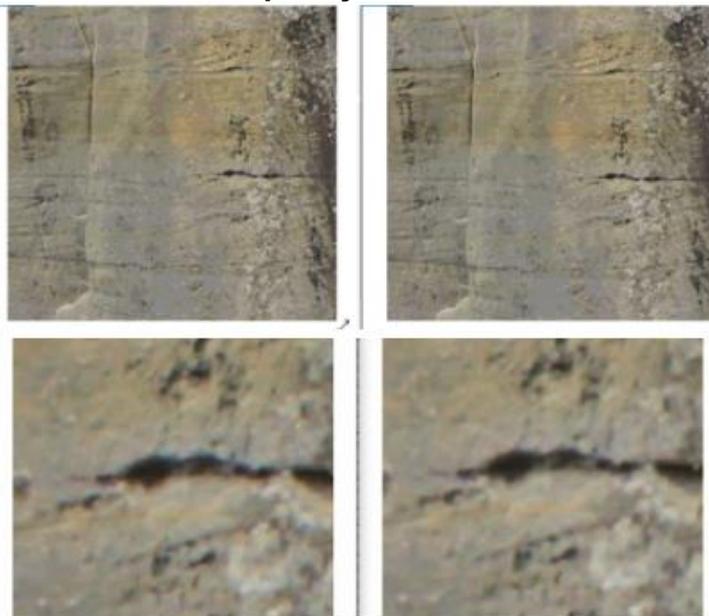
afloramento sobre a vegetação do lado esquerdo do afloramento rochoso praticamente sumiram.

Figura 25: comparação entre a imagem sem o pré-processamento do lado esquerdo X imagem com o pré-processamento correção de lente do lado direito.



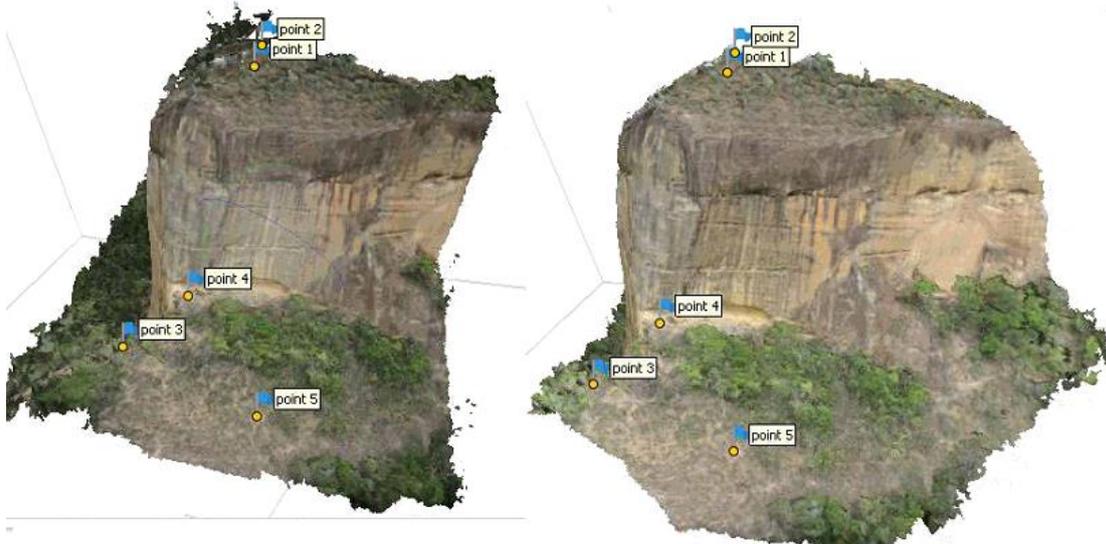
Ao aplicar um zoom de 22° e um zoom de 90% sobre essas mesmas imagens, é praticamente impossível perceber alguma diferença substancial em relação às duas imagens. (Figura 26)

Figura 26: comparação entre a imagem sem o pré-processamento do lado esquerdo X imagem pré-processada com a correção de lente do lado direito, ambas com a aplicação do zoom na mesma região.



O segundo resultado com extrema importância a ser analisado consiste em comparar os 2 modelos 3D's gerados, um com as fotos pré-processadas (Correção de Lente) e o outro com as fotos sem pré-processamento (Novo Modelo de Referência) (Figura 27).

Figura 27: comparação entre os modelos 3D's Novo Modelos de Referência X Modelo Correção de Lente respectivamente



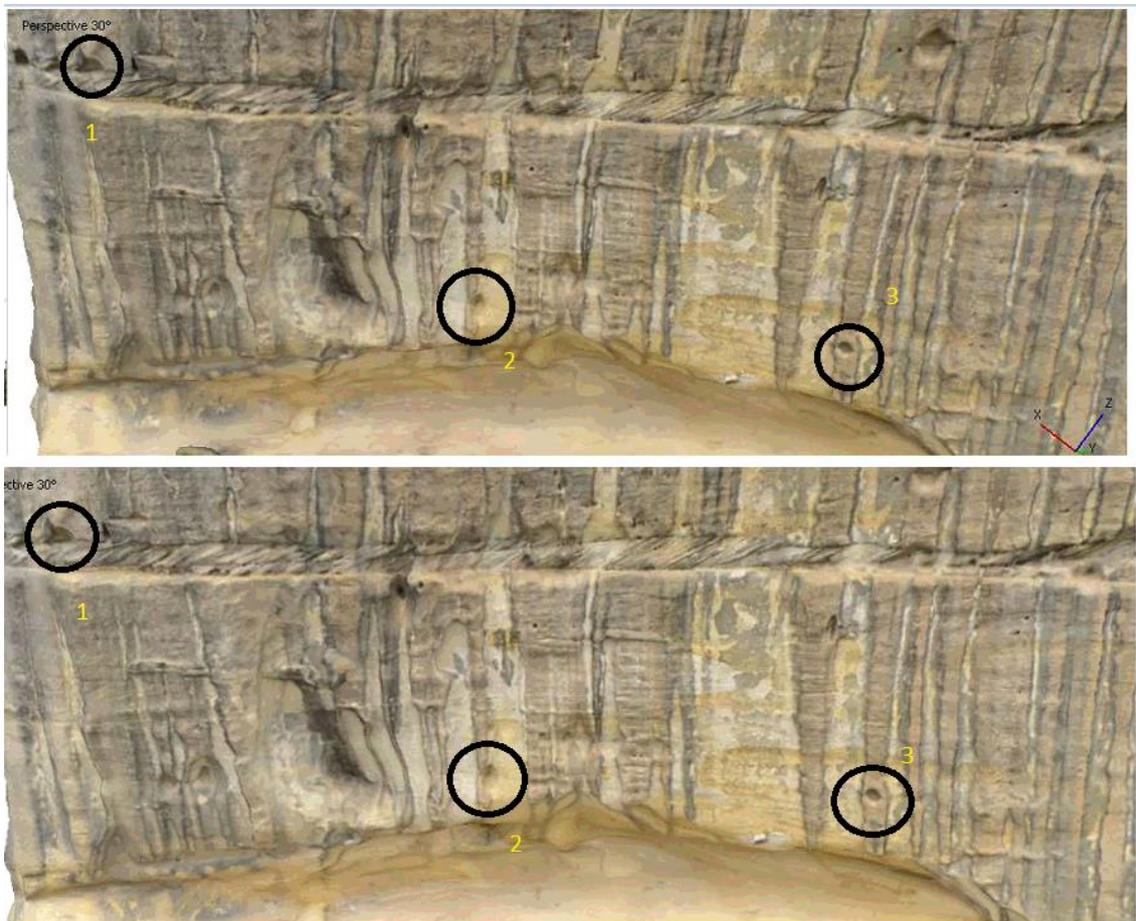
Fonte: Autoria própria

Ao observar a Figura 27 percebe-se que o nó modelos Correção de Lente ao lado direito, as cores quentes tiveram maior destaque e a luminosidade e o brilho também aumentaram.

Aplicando um Zoom na mesma região de ambos os modelos a primeira impressão é de que não se obteve nenhuma mudança drástica, porém ao prestar muita atenção, pode-se perceber uma que no modelo de cima (Modelo de Referência) as concavidades na rocha dão a sensação de maior profundidade, enquanto nos modelos de baixo (Correção de Lente) essas mesmas concavidades aparentam ser ligeiramente menos profundas. Esse fenômeno óptico ocorre devido a maior presença das cores quentes e do

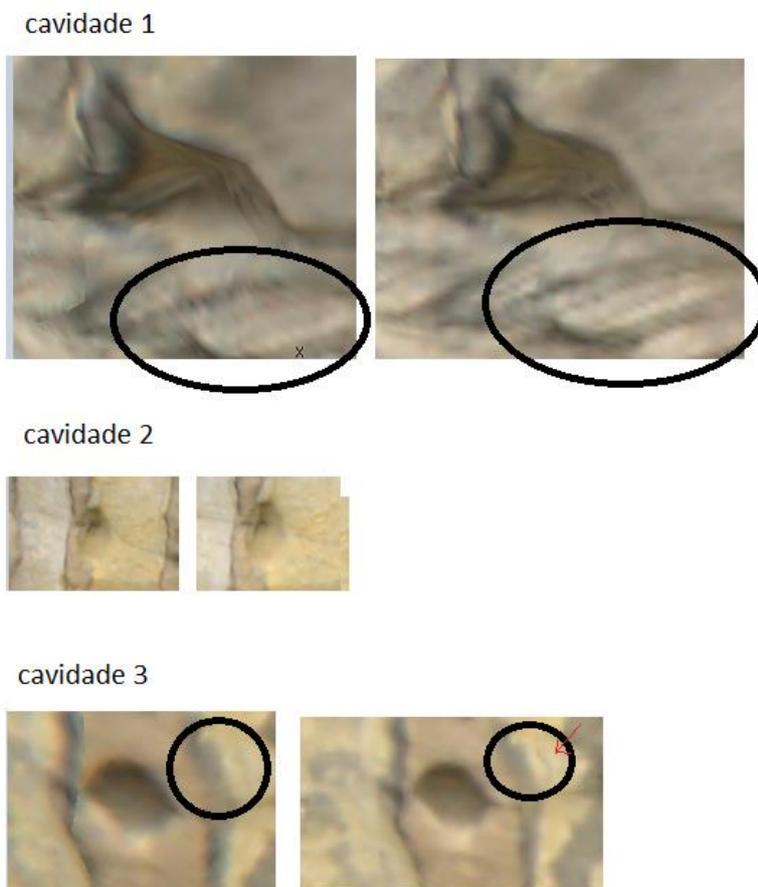
aumento de brilho no modelo com Correção de Lente, fazendo com que as sombras presentes nas concavidades fiquem menos aparentes e causando a sensação de menor profundidade nas concavidades do modelo. Todos esses fenômenos descritos podem ser observados na figura 28.

Figura 28: comparação entre os modelos 3D's sem o pré-processamento X Modelo com a Correção de Lente, ambas com a aplicação do zoom na mesma região.



Ao aplicar um zoom sobre esses 3 pontos identificados na figura 28 a sensação de maior ou menor profundidade é quase que imperceptível. Porém alguns outros detalhes podem ser observados. Na Cavidade número 1 podemos perceber com maior facilidade as ranhuras no Modelo Correção de Lente em quatro essas mesmas ranhuras aparecem mais Borradas no Modelo de Referência. (Figuras 29)

Figura 29: Zoom nas cavidades 1,2 e 3 da figura 28, imagens do lado esquerdo são do modelo de referência e imagens do lado direito são do modelo Correção de Lente

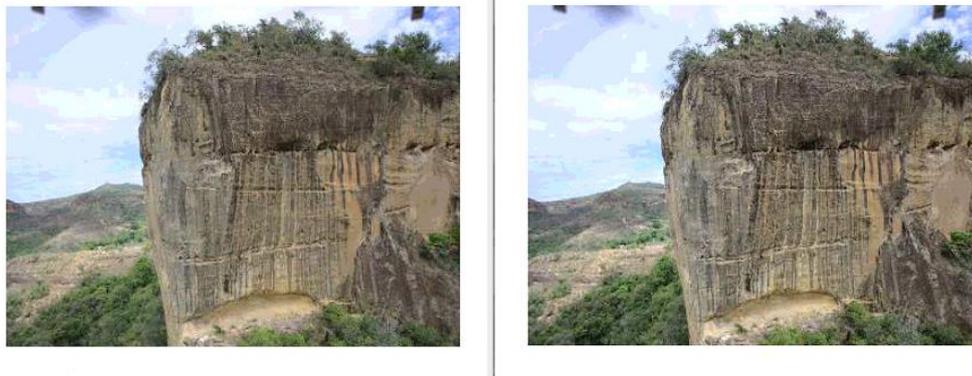


Na cavidade número 2 nenhuma diferença expressiva pode ser notada, já na cavidade número 3 a região circulada apresenta um detalhe quase que

imperceptível, porém esse detalhe pode ser notado com mais facilidade no Modelo Correção de Lente, esse detalhe é uma pequena veia da rocha na cor preta que se localiza a direita da região circulada e apontada com uma seta vermelha.

Ao analisar as imagens que não passaram pelo pré-processamento em relação às imagens que passaram pelo pré-processamento com a aplicação do filtro contraste local figura 30, pode-se perceber que a imagem com a aplicação do filtro contraste local ficou com uma maior intensificação das tonalidades das cores, ressaltando ainda mais os pequenos detalhes e ranhuras presentes nas rochas.

Figura 30: comparação entre a imagem sem o pré-processamento no lado esquerdo X imagem com contraste local no lado direito.



Aplicando um zoom de 10^o sobre as imagens da figura 29, fica ainda mais evidente que as cores da rocha da direita (contraste local) estão com as tonalidades mais intensificadas do que a rocha da esquerda (sem pré-processamento) e que por esse motivo os pequenos detalhes das ranhuras ficam ainda mais evidentes. Além desses detalhes o zoom permite perceber que a cor preta ficou mais evidente e o preto ficou mais próximo de um preto absoluto, diferente do preto contido na rocha da esquerda, que aparenta ser um preto mais opaco, todos esses detalhes podem ser vistos na figura 31.

Figura 31: comparação entre a imagem sem o pré-processamento X imagem com a correção de lente respectivamente, ambas com a aplicação do zoom na mesma região.



Comparando os modelos 3D's, Contraste Local e o Novo Modelo de Referência, aparentemente as mudanças são pouco perceptíveis do ângulo e distância que a figura 32 mostra, porém se observarmos o círculo amarelo, o afloramento rochoso da direita (contraste local), apresenta um mesmo detalhe do afloramento rochoso da esquerda, porém o da direita está com esse detalhe ainda mais escuro.

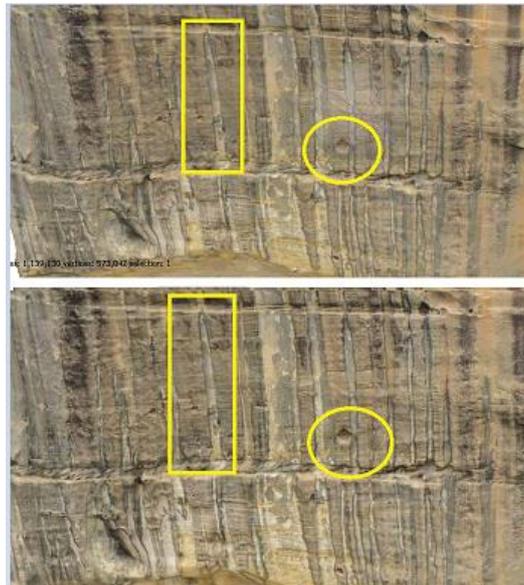
Figura 32: comparação entre os modelos 3D's Novo Modelos de Referência X Modelo Contraste Local, respectivamente.



Ao aplicarmos um zoom sobre ambos os afloramentos rochosos da figura 32, foram obtidos resultados mostrados na figura 33, onde fica evidente que as

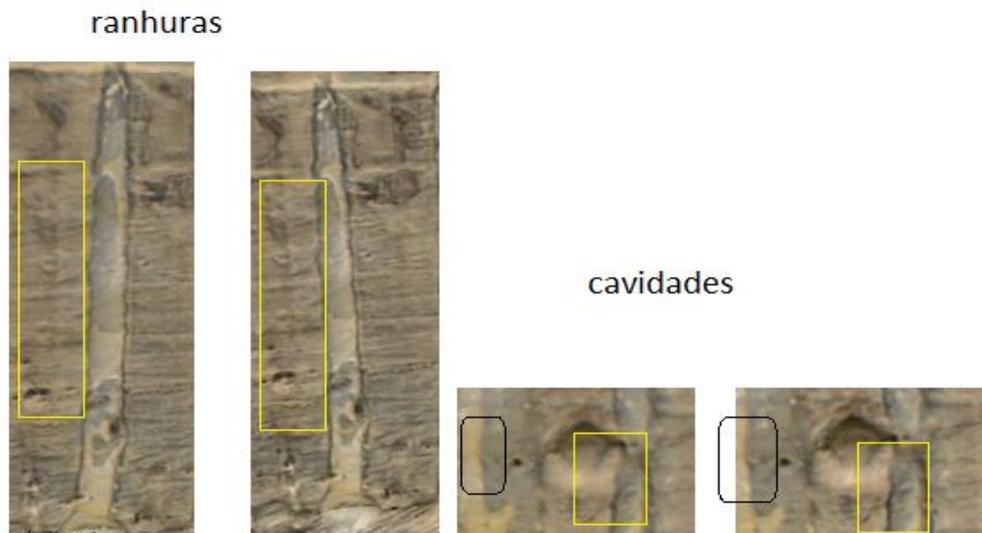
concavidades da rocha inferior (contraste local) ficaram mais evidentes devido às intensificações das tonalidades e ao preto absoluto mais evidente. Pode-se notar isso nos detalhes destacados nos círculos amarelos e nos retângulos amarelos da figura 33.

Figura 33: comparação entre os modelos 3D's sem o pré-processamento X Modelo com Contraste Local, ambas com a aplicação do zoom na mesma região.



Ao aplicar um zoom ainda maior sobre as regiões de interesse da figura 33, obteve-se a figura 34, onde pode-se observar que as ranhuras se destacaram mais no Modelo Contraste Local e as diferentes cores presentes na rocha ficaram mais bem distinguíveis como pode se observar nas regiões de destaque das cavidades.

Figura 34: Zoom nas regiões de destaque da figura 33, com o Modelo de referência do lado esquerdo X Modelos Contraste Local do Lado direito.



A última análise a ser feita entre os modelos, consiste em comparar a o tamanho da base de dados e os tempos de processamento para a geração da nuvem densa, a etapa mais demorada de todo o processamento e que sofre uma pequena interferência manual na etapa de remoção de ruídos. E a nuvem esparsa que é a etapa mais rápida de todo o processamento além de ser a única etapa não tem nenhuma interferência manual sobre o processo, esses dados foram dispostos na tabela 1 a seguir.

Tabela 1

	Modelo 3D de Referência	Contraste Local	Correção de Lente	comparação
tempo de criação da nuvem esparsa	12 minutos e 30 segundos	11 minutos e 31 segundos	11 minutos e 15 segundos	modelo de correção de lente teve o melhor desempenho em velocidade
tempo para criação da nuvem de pontos densa	4 horas e 45 minutos	9 horas e 11 minutos	4 horas e 24 minutos	modelo de correção de lente teve o melhor desempenho em velocidade
total de tempo	4 horas 57 minutos e 30 segundos	9 horas 22 minutos e 31 segundos	4 horas 24 minutos e 15 segundos	modelo de correção de lente teve o melhor desempenho em velocidade
tamanho da pasta com as 426 fotos	4,24 GB	4,54 GB	4,55 GB	as fotos do modelo de referência ficaram menos pesadas

Conclusão.

Os resultados obtidos no estudo de caso, mostrou que em termos de velocidade de processamento para a geração do modelo 3D, o Modelo Correção de Lente apresentou resultados satisfatórios em termos de velocidade de processamento. Existe uma pequena possibilidade desse decréscimo de velocidade está ligado

aos recortes manuais feitos durante o processo de remoção de ruído, pois quanto mais ruídos forem tirados durante o processo mais rápido será o processamento. Porém esse processo foi realizado nos 3 modelos, outro fator que corrobora para afirmarmos que o pré-processamento teve influência na diminuição de velocidade do processamento é que o Modelo Correção de Lente teve o menor tempo de geração da nuvem esparsa que é o único processo isento de alterações manuais. Sendo assim podemos assumir que a diminuição no tempo de processamento foi devido ao pré-processamento já que a velocidade de processamento do Modelos Correção de Lente foi de 33 minutos e 15 segundos mais rápida do que o modelo de referência. O que representa uma redução de 11% em relação a velocidade de processamento do Modelo de Referência, além de ter proporcionado uma melhor visualização de pequenos detalhes no Modelo Correção de lente. Apesar de todos esses pontos positivos, o Modelo Correção de Lente acabou perdendo um pouco da profundidade aparente do modelo, devido às alterações no brilho e claridade ocasionada pelo pré-processamento.

Ao comparar o Modelo de Referência ao Modelo Contraste Local pode-se perceber que houve um aumento de quase 100% do tempo de processamento, sendo assim o Modelo Contraste local se mostrou ineficiente com relação ao tempo de processamento se comparado ao Modelo de Referência. Porém o Modelo Contraste Local apresentou mais destaques nos detalhes do modelo 3D e mais profundidade no modelo devido ao preto absoluto além de distinguir melhor as cores presentes no modelo.

Também pode-se observar que o processo de pré-processamento aumentou o tamanho dos arquivos imagens (base de dados), porém esse aumento não foi significativo ao ponto de interferir no processamento.

Logo podemos concluir que quanto mais profundidade aparente se deseja tem em um modelo 3D, será necessário abrir mão da variável tempo de processamento.

REFERÊNCIAS

Agisoft.2019. **Argisoft Photoscan user manual professional editio, versao 1.5. disponivel em:** https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf, acessado em 2019

AZEVEDO, T, **Reconstrução e Caracterização de Estruturas Anatômicas Exteriores usando Visão Activa**, Universidade do Porto, 2005

Bistacchi A., Balsamo F., Storti F., Mozafari M., Swennen R., Solum J., Tueckmantel C., Taberner C., **Photogrammetric digital outcrop reconstruction, visualization with textured surfaces, and three-dimensional structural analysis and modeling: Innovative methodologies applied to fault-related dolomitization** (Vajont Limestone, Southern Alps, Italy), *Geosphere*, 2015, vol. 11, p. 2031

Carrivick, J. L., Smith, M. W. and Quincey, D. J. 2016. **“Structure fom Motion in the Geosciences”**, John Wiley & Sons, 208 p.

CARRIVICK, J. L., SMITH, M. W., & QUINCEY, D. J. (2016). **Structure from Motion in the Geosciences**. John Wiley & Sons. Dueholm, K. S., & Olsen, T. (1993). **Reservoir analog studies using multimodel photogrammetry: a new tool for the petroleum industry**. *AAPG Bulletin*, 77(12), 2023-2031.

Darktable.2019. **Darktable user manual versão 2.4.** disponível em: <https://www.darktable.org/usermanual/en/> . Acessado em 2019

DUEHOLM, K. S., & OLSEN, T. (1993). **Reservoir analog studies using multimodel photogrammetry: A new tool for the petroleum industry**. *AAPG bulletin*, 77(12),

2023-2031

FILHO, O. M.; Neto, H. V. **Processamento Digital de Imagens**. Brasport, 1999

FLEMING, Z., & PAVLIS, T. (2018). **An orientation based correction method for SfM-MVS point clouds**—Implications for field geology. *Journal of Structural Geology*, 113, 76-89.

FREITAS, B. T., ALMEIDA, R. P., CARRERA, S. C., FIGUEIREDO, F. T., TURRA, B. B., VAREJAO, F. G., & ASSINE, M. L. (2017). **Aptian sedimentation in the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift System and its tectonic and paleogeographic significance**. *Journal of South American Earth Sciences*, 80, 460-481.

Hodgetts D., Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: **A review**, *Marine and Petroleum Geology*, 2013, vol. 46, p. 335

M. POLLEFEYS Pollefeys, R. K., M. Vergauwen, L. V. Gool, **Flexible Acquisition Of 3D Structure From Motion**, *Proceedings IEEE Workshop On Image And Multidimensional Digital Signal Processing*, Alpbach, pp. 195-198, 1998.

Nichols G. 2009. **Sedimentology and Stratigraphy**. 2 ed, Wiley – Blackwell, 419 p

OLIVEIRA, M. H. Z. **Aplicação De Técnicas De Processamento De Imagens Ao Monitoramento Do Comportamento Dinâmico De Estruturas**. Master's thesis, 2010

RAMALHO J. , **Fotografi Digital**, 2ª triagem, 2004, 12p 15p e 16p

SILVA. I **Análise De Paleocorrentes com a Utilização de Afloramentos Virtuais**. Limeira 2020

TEIXEIRA. W..et al. **Decifrando a Terra 2 Edição** 2012

ULLMAN, S, **The Interpretation Of Visual Motion**, Mass. MIT Press, Cambridge, 1979

WESTOBY, M. J., BRASINGTON, J., GLASSER, N. F., HAMBREY, M. J., & REYNOLDS, J. M. (2012). '**Structure-from-Motionphotogrammetry**: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.