



Análise da eficiência de compressão das ferramentas do software compressor de nuvens de pontos baseado em geometria

EDUARDO FIGUEIREDO COSTA; LEANDRO TAVARES; CRISTIANO SANTOS;
MARCELO PORTO

Universidade Federal de Pelotas – {edfcosta, lwtavares, cfdsantos, porto}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As nuvens de pontos são constituídas por um conjunto de pontos no espaço tridimensional em que cada ponto pode conter informação de cor. Estas nuvens podem ser utilizadas na geração de conteúdo de realidade virtual, aumentada ou mista, auxiliar na autonomia de dispositivos robóticos ou carros autônomos, mapeamentos 3D, etc. Uma nuvem de pontos pode ser estática assim como uma imagem 2D, porém, constituindo uma representação tridimensional da superfície de um objeto ou cena e possibilitando, dessa forma, a interação sobre diferentes pontos de vista.

Contudo, a quantidade de informação gerada por uma nuvem de pontos torna proibitivo o armazenamento e transmissão deste tipo de informação sem compressão. Assim como em imagens e vídeos 2D, a compressão de nuvens de pontos é essencial. Neste contexto, o *Moving Picture Experts Group* (MPEG, 1988) desenvolveu o *Geometry-based Point Cloud Compression* (G-PCC) para a compressão de nuvens de pontos estáticas. Eles também disponibilizam uma implementação em software do G-PCC, chamada de *Test Model Category 1 and 3* (TMC13) (ISO/IEC, 2022).

O software TMC13 possui vários parâmetros de configuração para atender diferentes tipos de conteúdo a ser comprimido. Porém, saber escolher qual a melhor configuração para uma determinada nuvem de pontos é uma tarefa árdua até mesmo para os especialistas da área. A literatura atual carece de trabalhos que tratem de análises exploratórias que comparam as diferentes formas de configuração do TMC13. Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise da eficiência de compressão do software TMC13 com diferentes configurações. Diante disso, este trabalho visa contribuir com a literatura e servir para o desenvolvimento futuro de heurísticas para o processo decisório de quais ferramentas são mais adequadas para um determinado tipo de conteúdo ou até mesmo para servir como base de treinamento para um modelo de aprendizado de máquina.

2. METODOLOGIA

No padrão G-PCC, existem diferentes configurações para codificação de geometria e de atributos de cor. Conforme ilustrado na Figura 1, a compressão da geometria das nuvens de pontos pode ser realizada por meio de várias ferramentas de geometria, que são: Octree, Trisoup ou PredGeom. Para a compressão de



atributos de cor, podem ser utilizadas as ferramentas Raht ou Predlift (ISO/IEC, 2022).

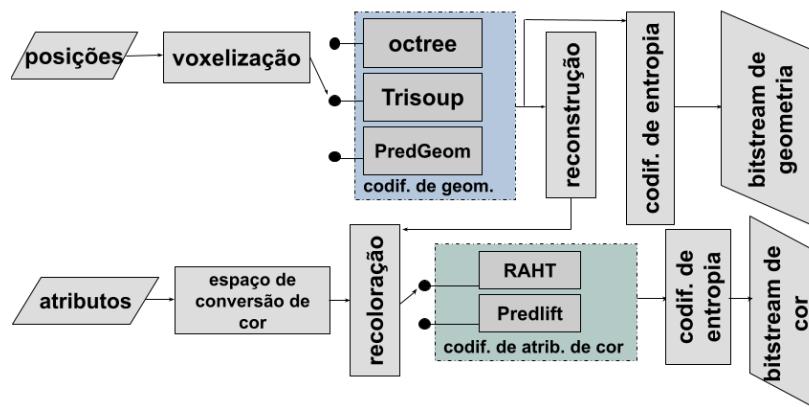


Figura 1, padrão G-PCC (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 7, Doc 00271).

Neste trabalho, foram testadas todas as combinações destas ferramentas, sendo elas: Octree-Raht, Octree-Predlift, Trisoup-Raht, Trisoup-Predlift, PredGeom-Raht e PredGeom-Predlift. Para a execução dos testes foi utilizado o software TMC13 na versão 22.

Além disso, para a realização dessas análises foram utilizadas as nuvens de pontos que caracterizam a Categoria 1. Essa categoria contempla nuvens de pontos estáticas (capturadas em um momento específico assim como imagens 2D). Essas nuvens são classificadas, ainda, conforme a densidade de pontos, sendo elas *Solid*: nuvens de pontos com superfícies contínuas, *Dense*: nuvens de pontos que não são completamente contínuas, *Sparse*: nuvens de pontos que não são densas, *Scant*: nuvens de pontos muito esparsas (ISO/IEC, 2022a).

As análises das diferentes configurações do software TMC13 foram reportadas a partir do PSNR (*Peak-Signal-to-Noise Ratio*) e pelo bpp (bits per input point). O PSNR foi utilizado para comparar a nuvem original em relação a nuvem de pontos reconstruída após o processo de compressão do TMC13. O bpp foi calculado por meio da divisão do total de bits do arquivo de nuvem de pontos comprimido pelo número de pontos da nuvem original. O PSNR e o bpp são calculados separadamente para geometria e atributos de cor. Além disso, foram calculados os PSNR e bpp médios para as diferentes configurações de nível de qualidade, variando entre a configuração (R01 até R06). Para computar a avaliação de qualidade e geração das informações dos e resultados de PSNR e bpp, foi utilizado o software mpeg-pcc-dmetric na versão 1.3.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta Seção são apresentados os resultados de PSNR e bpp por meio dos gráficos RD para as diferentes classes de nuvens de pontos, aos quais foram confeccionados separadamente para geometria e atributos de cor conforme Figura 2. No eixo x estão apresentados os resultados médios de bpp e o eixo y apresenta os resultados médios de PSNR por taxa de bits alvo.

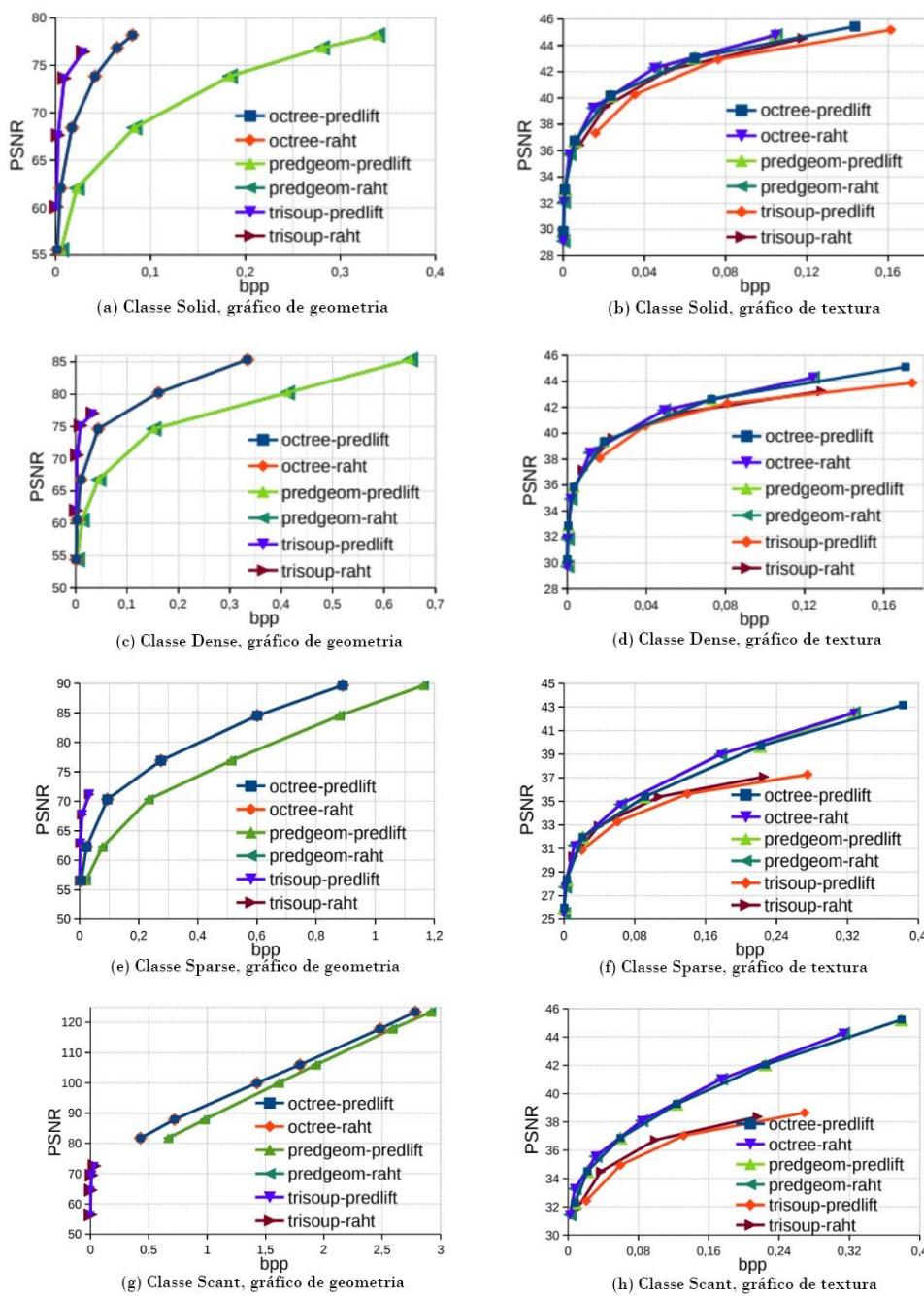


Figura 2, Gráficos RD dos resultados obtidos para geometria e cor.

Analizando a Figura 2, é possível ver que para os gráficos de geometria (Figura 2 (a, c, e, g)), não há diferença entre as linhas que contém a mesma configuração para atributos de cor, sendo elas sobrepostas, enquanto para o gráfico de cor, não é possível distinguir visualmente qual a melhor solução para as configurações de compressão de cor. No entanto, podemos observar que a configuração Trisoup, apesar de eficiente para a geometria da classe Solid e Dense (Figura 2 (a) (c)), apresenta o pior desempenho de qualidade para atributos de cor

Contudo, para melhor identificar qual configuração apresenta a melhor relação entre taxa e distorção, o BD-Rate de cada configuração foi calculado, usando como base a configuração (Predgeom-Predlift). Estes resultados são

apresentados na Tabela 1, sendo os resultados negativos a representação de ganhos em taxa de compressão.

Classe	octree-predlift		octree-raht		predgeom-raht		trisoup-predlift		trisoup-raht	
	Geo	Tex	Geo	Tex	Geo	Tex	Geo	Tex	Geo	Tex
Solid	-75.4	-0.1	-75.4	-20.7	0.0	-20.6	-93.0	109.2	-93.0	72.6
Dense	-71.3	-0.1	-71.3	-20.9	0.0	-21.0	-90.8	166.3	-90.8	131.4
Sparse	-63.6	0.0	-63.6	-28.5	0.0	-28.5	-87.1	654.5	-87.1	486.5
Scant	-26.2	0.1	-26.2	-23.2	0.0	-23.2	-38.9	228.5	-38.9	150.9
Média	-59.1	0.0	-59.1	-23.3	0.0	-23.3	-77.5	289.6	-77.5	210.3

Tabela 1 - Resultados de BD-Rate obtidos para geometria e cor

Conforme mostra a Tabela 1, as configurações com a ferramenta trisoup apresentam resultados médios de BD-Rate para geometria de -77,5%, vistos por meio das configurações Trisoup-Predlift e Trisoup-Raht. No entanto, para a informação de atributos de cor essas configurações apresentaram os piores resultados dentre as configurações testadas.

Por outro lado, a configuração usando Octree-Raht foi a que obteve os melhores resultados de eficiência de codificação considerando tanto atributos de cor quanto informação de geometria. Conforme é possível analisar na Tabela 1, a configuração Octree-raht apresenta resultados médios de -59,1% no BD-rate de geometria, e -23,3% para atributos de cor, dessa forma, representando a melhor relação entre eficiência de codificação das informações de geometria e atributos de cor.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes configurações possíveis de codificação de nuvens de pontos utilizando o codificador G-PCC. A partir desta análise, foi possível definir as configurações mais eficientes para codificar nuvens de pontos estáticas por meio do software TMC13. Os resultados apresentados são inéditos na literatura e servem como base para o desenvolvimento de trabalhos futuros como, por exemplo, a construção de heurísticas para automatizar a escolha das ferramentas mais adequadas de compressão do TMC13 para determinados tipos de nuvem de pontos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MPEG. **Moving Picture Experts Group**. Acessado em 22 set. 2023. Online.
Disponível em: <https://mpeg-pcc.org/>

ISO/IEC. MPEG 3D Graphics Coding: G-PCC codec description v12, **ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 7, Doc 00271**, p. 7, 2022.

ISO/IEC. MPEG 3D Graphics and Haptics Coding: Common Test Conditions for G-PCC, **ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 7**, p. 2, 2022a.