2 Trabalhos Relacionados

A computação gráfica, muitas vezes, tenta reproduzir técnicas artísticas antigas, como os mosaicos. Os primeiros mosaicos surgiram na Antiguidade, nos tempos gregos e romanos, e são resultados de pequenos ladrilhos coloridos cimentados lado a lado formando uma imagem. No entanto, tentativas de reproduzi-los utilizando *software* são recentes. A computação gráfica simula esta arte através do desenho e posicionamento de polígonos coloridos, espalhados de forma a compor uma imagem.

O primeiro passo para a criação dos mosaicos é otimizar o seguinte problema: Dado uma região retangular I^2 no plano R^2, um conjunto de ladrilhos e um conjunto de restrições, achar N pixels $P_i(x_i, y_i)$ em I^2 e colocar N ladrilhos, um em cada P_i, tal que todos os ladrilhos sejam disjuntos, a área coberta por eles seja máxima e as restrições sejam satisfeitas o máximo possível [5].

Battiato et al. [1] apresentaram um bom e compreensivo resumo das diferentes técnicas de criação de mosaicos digitais. Eles agruparam os mosaicos em dois tipos: mosaicos de ladrilhos, onde uma imagem de referência é decomposta em ladrilhos, e mosaicos multi-imagem, onde imagens de um banco de dados são usadas para cobrir uma imagem de referência. Claramente, a calçada da praia de Copacabana se encaixa no primeiro grupo, usando como imagem de referência o desenho em preto e branco das ondas.

Diferentes propostas utilizaram geometria computacional combinadas com processamento de imagem para obter os padrões de mosaicos. Haeberli [2] inspirou muitas outras propostas utilizando um diagrama de Voronoi a partir de pontos gerados aleatoriamente (Figura 5a). Diagramas de Voronoi produzem mosaicos com ladrilhos de tamanhos variados e não honram as regiões de fronteira da imagem; por outro lado, o diagrama de Voronoi pode ser computado de forma eficiente através do uso de unidades de processamento gráfico [7]. Com o objetivo de respeitar as regiões de fronteira, Dobashi et al. [8] integraram informações de borda para a construção do diagrama de Voronoi. Eles propuseram um procedimento iterativo que tentava minimizar uma função de erro

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0922011/CA

reposicionando o centro de massa dos polígonos produzidos pelo Voronoi (Figura 5b). Faustino e Figueiredo [9] utilizaram diagrama de Voronoi centroidal juntamente com uma função de densidade para adaptar o tamanho dos ladrilhos de acordo com as arestas da imagem de referência; em sua proposta, os ladrilhos não são alinhados com as arestas da imagem (Figura 5c).

Diagrama de Voronoi centroidal tendem a gerar malhas hexaédricas regulares. Para evitar este padrão, Hausner [3] propôs a construção do diagrama utilizando a métrica de Manhattan para distância. Ele construiu o diagrama com aceleração em placa gráfica desenhando pirâmides de base quadrada centralizadas nos pontos geradores. Cada pirâmide é alinhada de acordo com o campo direcional computado a partir da imagem de referência. No final, ele substituiu as células de Voronoi por ladrilhos quadrados regulares; como resultado, os ladrilhos ficaram alinhados sob grade quadradas (Figura 5d). Elber e Wolberg [4] também utilizaram métrica de distância de Manhattan para estabelecer linhas de ladrilhos quadrados alinhados com as curvas características da imagem de referência (Figura 6a).

Di Blasi e Gallo [5] também propuseram um método eficiente para construção de mosaicos artificiais. A partir da imagem de referência, eles primeiramente extraíram as linhas características da imagem, preencheram a matriz de transformação de distância e então calcularam a matriz gradiente correspondente, utilizada para guiar o posicionamento dos ladrilhos, conduzindo a resultados realistas (Figura 6b). Fritzsche et al. [6] optaram por implementar uma ferramenta interativa de maneira a melhor obter mosaicos artísticos, e utilizaram o diagrama de Voronoi centroidal com o método de Lloyd (Figura 6c). Recentemente, Zhanf e Yu [10] propuseram uma técnica para criar mosaicos de ladrilhos irregulares aplicando tesselação de polígonos (Figura 6d).

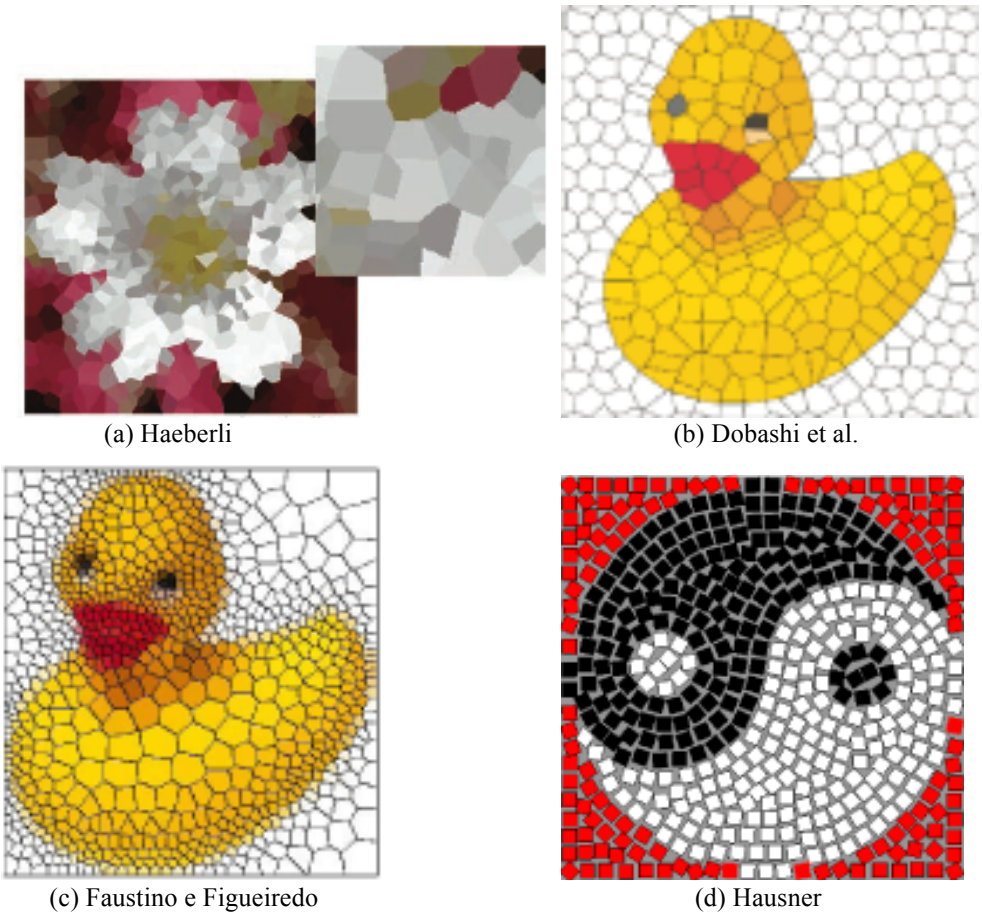
Embora expressivas, nenhuma dessas técnicas pode ser diretamente aplicada para reprodução de pavimentos com pedras portuguesas, como as encontradas na calçada da praia de Copacabana. Diferentemente das propostas anteriores, a imagem de referência em nosso caso é bastante simples; no entanto, esta simplicidade não pode resultar em pedras colocadas de maneira não natural.

Passos e Walter [11] propuseram uma técnica para construção de mosaicos em superfícies 3D com ladrilhos de tamanhos arbitrários, combinando um método físico de relaxação com o diagrama de Voronoi. Com o intuito de respeitar as

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0922011/CA

fronteiras das regiões, eles introduziram forças artificiais para repelir os ladrilhos das bordas. Essas forças artificiais ajudam a evitar que os ladrilhos sejam postos sobre as regiões de fronteiras, mas os ladrilhos não seguem perfeitamente as curvas. No final, eles conseguiram mosaicos 3D com textura e ladrilhos de tamanhos variados; no entanto, o agrupamento final não é adequado para o nosso propósito; como as células de Voronoi são mapeadas diretamente em ladrilhos formando o mosaico, o resultado final tente a incluir diversos ladrilhos com formatos pentagonais e hexaédricas regulares (Figura 6e).

As Figuras 5 e 6 mostram alguns dos resultados obtidos por esses pesquisadores.



(a) Haeberli (b) Dobashi et al.

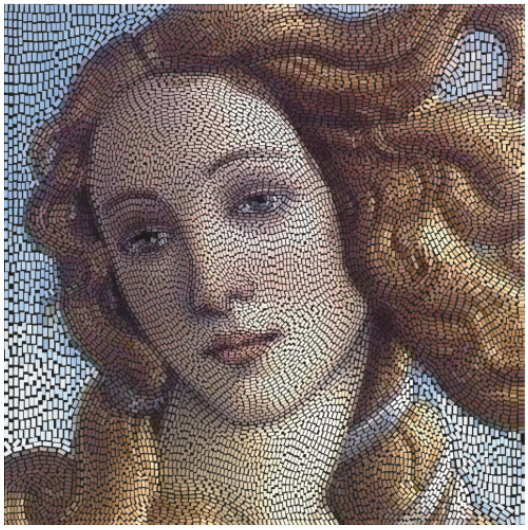
(c) Faustino e Figueiredo (d) Hausner

Figura 5 – Resultados de mosaicos obtidos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0922011/CA

(a) Elber e Wolberg

(b) Di Blasi e Gallo



(c) Fritzsche et al.

(d) Zhang e Yu

(e) Passos e Walter

Figura 6: Resultados de mosaicos obtidos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0922011/CA