

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CAMILA APARECIDA SILVA OLIVEIRA  
EDUARDO GORDIANO PASSOS SILVA  
LOURRANE LINDSAY ALVES EVARISTO  
MARIA CLARA SILVA PERPETUO  
NIEGE MARRYANY DOS REIS DA SILVA

**RELATÓRIO TÉCNICO: TRABALHO PRÁTICO 1**

**Visualização Interativa e Realista de Árvores Arteriais 2D Geradas pelo Método CCO**

**Disciplina: BCC 327 - Computação Gráfica**

OURO PRETO

2025

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Descrição do formato dos dados e estrutura de leitura.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Escolha da API gráfica.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Implementação matemática das transformações 2D.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Capturas de tela de diferentes visualizações.....</b>	<b>4</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>7</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho, parte avaliativa da disciplina de Computação Gráfica, consiste na visualização e manipulação interativa de modelos de árvores arteriais em 2D gerados pelo método CCO (*Constrained Constructive Optimization*). Esse método permite a construção de estruturas vasculares a partir de princípios fisiológicos e geométricos, resultando em arquivos no formato VTK (*Visualization Toolkit*), que reúnem informações essenciais como posição dos vértices, conectividade entre ramos e raio de cada segmento. A proposta central é implementar um sistema, a partir de um ambiente gráfico interativo, capaz de ler e representar graficamente esses modelos, em que é possível: a visualização da árvore arterial em 2D, a partir de um arquivo VTK; a aplicação de transformações geométricas interativas (translação, rotação e escala); o acompanhamento incremental do crescimento da árvore, conforme os arquivos parciais fornecidos; e o recorte de segmentos de reta para fins de otimização visual. Para isso, foi utilizada a API OpenGL, que permite a renderização das estruturas arteriais com fidelidade visual e controle sobre a árvore.

## 2. Descrição do formato dos dados e estrutura de leitura

A leitura dos dados é feita no arquivo `utils.cpp` por meio da função `readVTKFile`. Por meio dela o sistema interpreta arquivos no formato VTK (Visualization Toolkit) em modo texto (ASCII), seguindo uma ordem lógica definida. Primeiro é feita a identificação de cabeçalhos, nela o código percorre o arquivo linha a linha em busca de *keywords* como POINTS, LINES e scalars. No próximo passo, temos o armazenamento geométrico (POINTS), em que as coordenadas (x, y, z) são lidas e convertidas para objetos *Point2D*, descartando a coordenada z para a visualização 2D. Depois temos a Topologia e conectividade (LINES), definido como para cada polilinha com k pontos, o código gera k-1 segmentos individuais facilitando o recorte posteriormente. Na parte de atributos fisiológicos (scalars) é realizada a leitura dos raios associados a cada segmento, que definem a espessura ou intensidade visual de cada ramo da árvore. Por fim temos a gestão de séries temporais através da função `findGrowFiles`, que automatiza a busca por arquivos que seguem o padrão `_stepXXXX.vtk`, permitindo a navegação sequencial pelo crescimento da estrutura.

## 3. Escolha da API gráfica

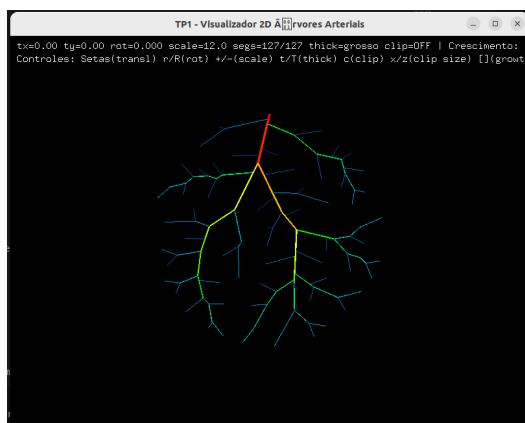
Foi optado por utilizar a API OpenGL (via GLUT) por ser uma biblioteca de baixo nível que permite controle total sobre o pipeline de renderização. Com o uso de renderização

direta, primitivas `GL_LINES`, nos permite desenhar milhares de segmentos de reta com alta performance. A função *reshape* usa *gluOrtho2D* para definir uma projeção ortográfica, garantindo que a árvore mantenha uma proporção independentemente do redimensionamento da janela. Além disso, ele facilita a criação de um HUD (*Heads-Up Display*) através da função `displayText`, que renderiza informações de estado (escala, translação, rotação) diretamente sobre a cena.

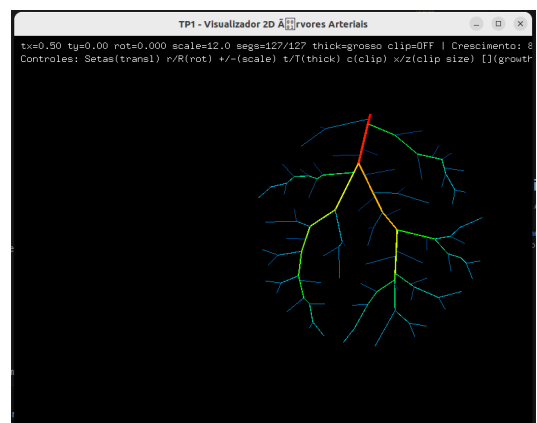
#### 4. Implementação matemática das transformações 2D

Transformações geométricas são aplicadas manualmente em `interface.cpp` dentro da função *applyTransform* antes do desenho de cada ponto respeitando a ordem de escala, rotação e translação. No estágio de escala, as coordenadas originais sofrem uma multiplicação simples pelo fator configurado pelo usuário. Na sequência, a rotação é processada através da aplicação de uma matriz de rotação 2D que utiliza cálculos trigonométricos de seno e cosseno baseados no ângulo atual da visualização. A translação encerra o ciclo de transformações básicas ao adicionar os deslocamentos horizontais e verticais aos valores já rotacionados para posicionar a árvore corretamente na tela. Como etapa final de processamento, o algoritmo de recorte de Cohen-Sutherland é aplicado para decidir se o segmento transformado deve ser renderizado ou descartado de acordo com os limites da janela de visualização ativa.

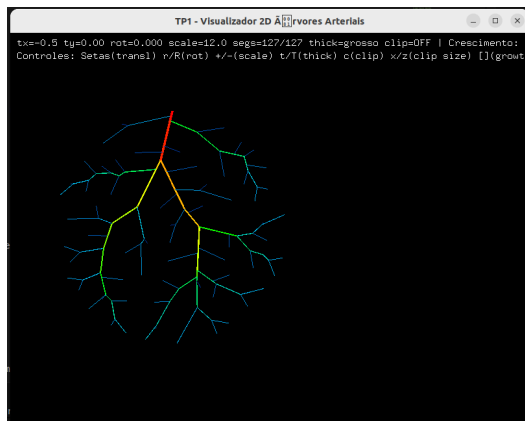
#### 5. Capturas de tela de diferentes visualizações



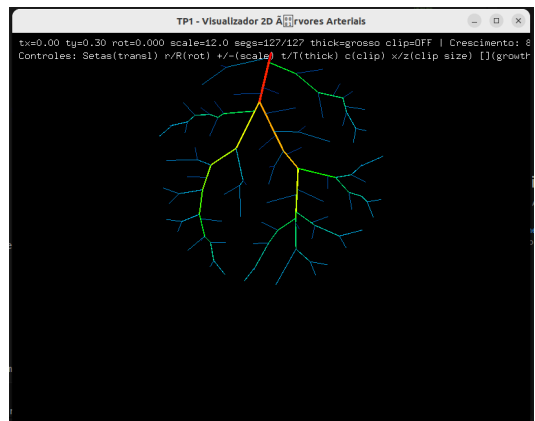
Árvore original



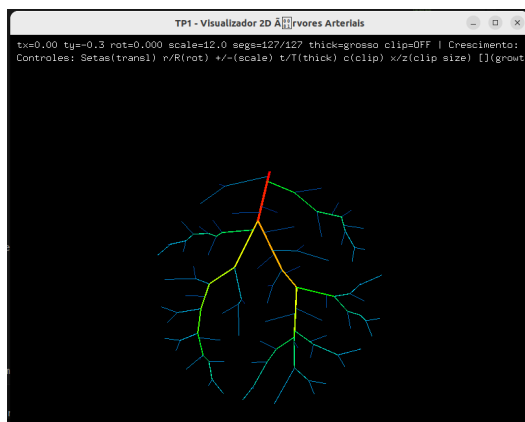
Árvore translada para Direita - "<->"



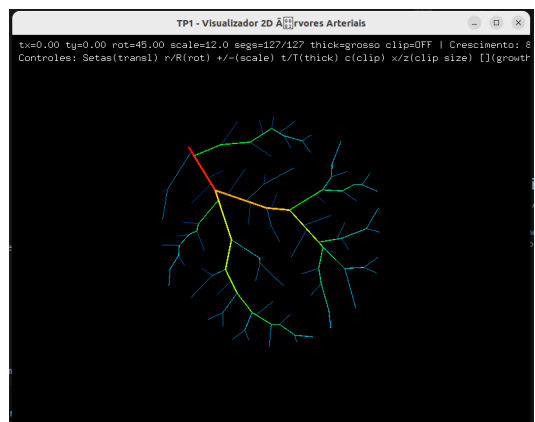
Árvore translada para Esquerda - “<-”



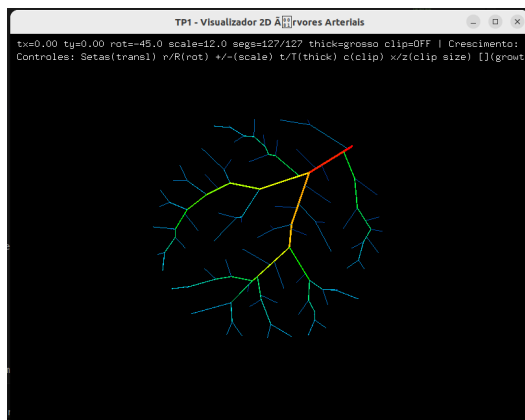
Árvore translada para cima - “↑”



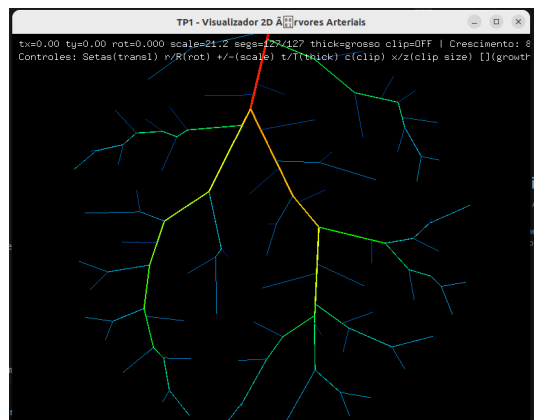
Árvore translada para baixo - “↓”



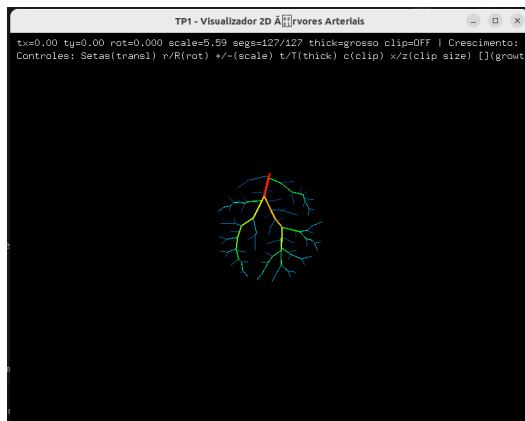
Rotação anti-horária - “R”



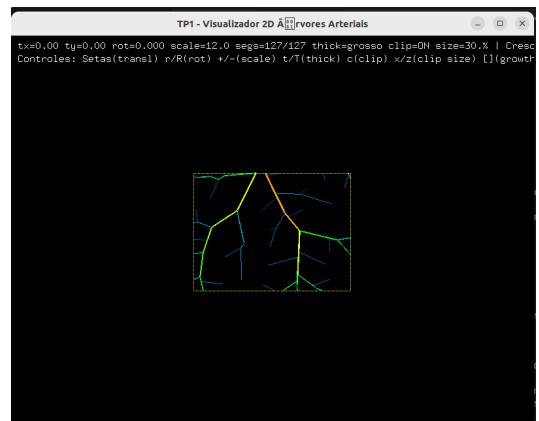
Rotação horária - “r”



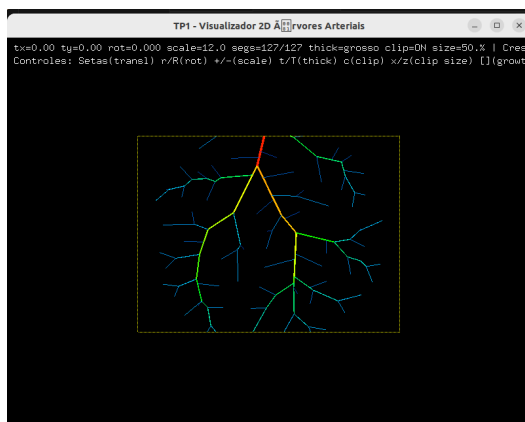
Escala aumentada - “+”



Escala diminuída - “-”



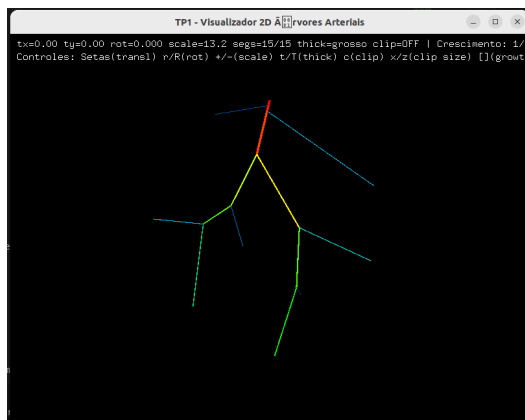
Recorte Ativado - “c”



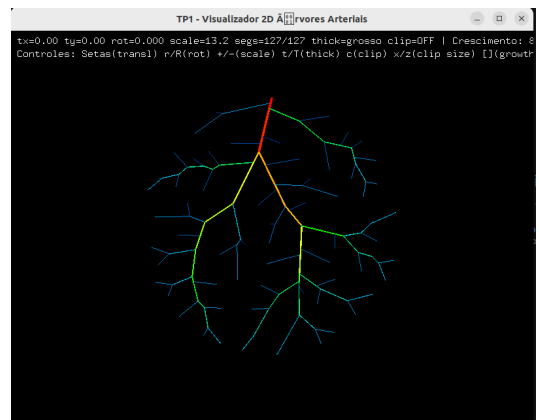
Aumento da janela de corte - “x”



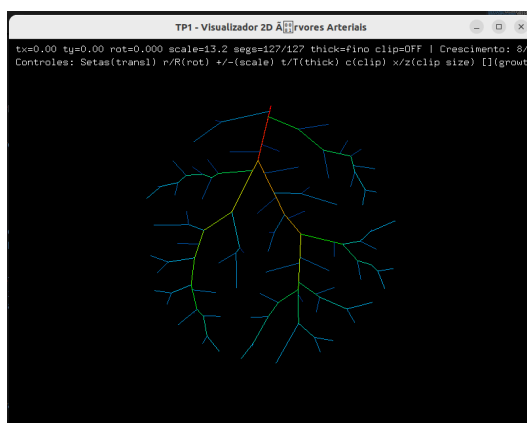
Diminuição da janela de corte - “z”



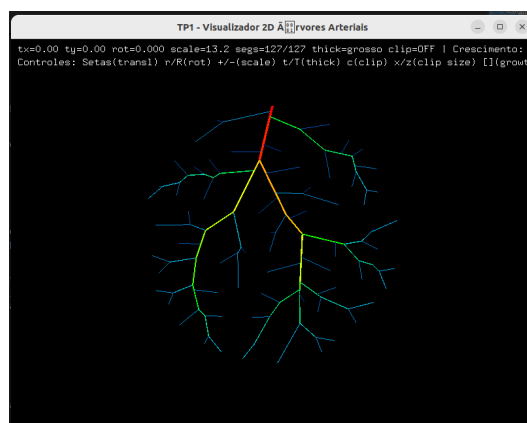
Crescimento mínimo - “[ “



Crescimento máximo - “] “



Menor espessura - "t"



Maior espessura - "T"

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONFIM, Rafael. **Introdução aos Sistemas Gráficos, Dispositivos e Arquitetura**. DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1951379/mod\\_resource/content/1/2025-2\\_aula02\\_SistDispArqu.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1951379/mod_resource/content/1/2025-2_aula02_SistDispArqu.pdf)>. Acesso em: 10 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Fundamentos de Programação Gráfica**. DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1957405/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula03\\_Fundprog.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1957405/mod_resource/content/1/2025_2_aula03_Fundprog.pdf)>. Acesso em: 10 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Teoria das Cores e Modelos de Cor**. DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1963758/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula07\\_TeoriaCores\\_v01.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1963758/mod_resource/content/1/2025_2_aula07_TeoriaCores_v01.pdf)>. Acesso em: 13 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Primitivas e Atributos**. DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1963759/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula05\\_Primitivas\\_Atributos\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1963759/mod_resource/content/1/2025_2_aula05_Primitivas_Atributos_v02.pdf)>. Acesso em: 15 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Modelagem de Objetos Geométricos Elementares**. DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1966341/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula06\\_BCC327\\_ModelagemObjetos\\_v01.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1966341/mod_resource/content/1/2025_2_aula06_BCC327_ModelagemObjetos_v01.pdf)>. Acesso em: 15 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Transformações Geométricas 2D e 3D**. DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em:

<[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1970705/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula07\\_Transform2D\\_3D\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1970705/mod_resource/content/1/2025_2_aula07_Transform2D_3D_v02.pdf)>. Acesso em: 18 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Operações com Dados Geométricos e Posicionamento do Observador.** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1971824/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula08\\_operacoes\\_posicoes\\_v2.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1971824/mod_resource/content/1/2025_2_aula08_operacoes_posicoes_v2.pdf)>. Acesso em: 20 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Tipos de Projeção.** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1973240/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula09\\_tipos\\_projecoes\\_%20v01.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1973240/mod_resource/content/1/2025_2_aula09_tipos_projecoes_%20v01.pdf)>. Acesso em: 22 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Fontes de Luz.** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1974062/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula10\\_fontes\\_luz\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1974062/mod_resource/content/1/2025_2_aula10_fontes_luz_v02.pdf)>. Acesso em: 25 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Iluminação e Interação com Superfícies: Modelo de Sombreamento Flat (Constante).** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980138/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula11\\_IluminacaoFlat\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980138/mod_resource/content/1/2025_2_aula11_IluminacaoFlat_v02.pdf)>. Acesso em: 27 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Iluminação e Interação com Superfícies: Modelo de Gouraud (Iluminação por Vértices).** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980141/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula12\\_IluminacaoGourand\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980141/mod_resource/content/1/2025_2_aula12_IluminacaoGourand_v02.pdf)>. Acesso em: 28 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Modelo de Iluminação e Interação com Superfícies: Modelo de Phong: Shading por Pixel (Per-Pixel Shading).** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980142/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_aula13\\_IluminacaoPhong\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980142/mod_resource/content/1/2025_2_aula13_IluminacaoPhong_v02.pdf)>. Acesso em: 30 de nov. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Modelos de Transparência: Alpha Blending e Ordem de Desenho (Fixed Pipeline).** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980143/mod\\_resource/content/1/aula14\\_transparencia\\_v02.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980143/mod_resource/content/1/aula14_transparencia_v02.pdf)>. Acesso em: 02 de dez. de 2025.

BONFIM, Rafael. **Mapeamento de Textura.** DECOM – ICEB – UFOP – 2025.2. Disponível em: <[https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980144/mod\\_resource/content/1/2025\\_2\\_Mapeamento\\_Textura\\_v01.pdf](https://moodlepresencial.ufop.br/pluginfile.php/1980144/mod_resource/content/1/2025_2_Mapeamento_Textura_v01.pdf)>. Acesso em: 05 de dez. de 2025.