

A ARQUITETURA DIGITAL DA RESSIGNIFICAÇÃO DE ESPAÇOS: PROPOSTA DE SETORIZAÇÃO DE AMBIENTES EXISTENTES COM ALGORITMO GENÉTICO

Ana Paula Alves Mendes¹

Luiz Alberto Fresl Backheuser²

Resumo

Partindo do volume excessivo de edifícios desocupados ou subutilizados na cidade de São Paulo, o estudo busca identificar novas possibilidades, a partir da Arquitetura Digital, especificamente a Programação Visual com Algoritmos Genéticos, para auxiliar na ressignificação desses espaços. Os códigos desenvolvidos ao longo do trabalho procuram otimizar áreas adaptáveis dentro de um perímetro pré-determinado, além de proporcionar a visualização tridimensional, facilitando a interpretação das informações de forma rápida e didática. A demonstração dessa versatilidade de setorização direciona a novos usos para esses ambientes existentes, destacando as possibilidades que podem ser evoluídas dentro de um projeto de reforma.

Palavras-chave: Algoritmo Genético, Código, Programação Visual, Reforma, Setorização.

Abstract

Starting from the excessive volume of unoccupied or underutilized buildings in the city of São Paulo, the study seeks to identify new possibilities through Digital Architecture, specifically Visual Programming with Genetic Algorithms, to assist in the redefinition of these spaces. The codes developed throughout the work aim to optimize adaptable areas within a predetermined perimeter, as well as provide three-dimensional visualization, facilitating the interpretation of information quickly and didactically. The demonstration of this versatility in sectorization directs to new uses for these existing environments, highlighting the possibilities that can be evolved within a renovation project.

Keywords: Genetic Algorithm, Code, Visual Programming, Renovation, Sectorization.

¹ Formada em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, pós-graduada em Arquitetura Digital e Projetos Paramétricos pela mesma instituição. Atualmente cursa especialização em Neurociências pela UNIFESP, com foco em futura aplicação em Neuroarquitetura. Possui experiência em compatibilização e desenvolvimento de projetos no mercado predial da Construção Civil. Integra atualmente a equipe de Projetos Internacionais do Studio Arthur Casas.

² Graduado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil (2002). Mestre pela Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Portugal (2007 - Título reconhecido no Brasil). Pós-graduado (Master) pela Escola Técnica Superior de Arquitetura da Universidade Politècnica da Catalunya, Barcelona, Espanha (2009). Doutor pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (2020). Professor do curso de especialização (Lato-Sensu) em Arquitetura Digital e Projetos Paramétricos do centro universitário Belas Artes de São Paulo. Na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie é professor pesquisador período integral (PPI), Coordenador do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Membro do grupo de pesquisa Teoria e Projeto na Era Digital.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas houve um grande acúmulo de edifícios desocupados na cidade de São Paulo, demandando novos usos para estes espaços, com a possibilidade de reaproveitamento de forma a atender as necessidades específicas de cada região. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de projetos através de um método adequado para avaliação e desenho pensados para otimizar a qualidade de ressignificação desses espaços. O presente trabalho busca trazer uma resposta adequada para a seguinte questão: Como podemos identificar a melhor forma de aproveitar esses espaços de forma simples por meio de ferramentas digitais?

É imprescindível a avaliação *in casu* de cada edifício, seu entorno, as legislações aplicáveis e demais variáveis para o correto direcionamento do tipo de reforma e opções de uso disponíveis para implantação. As possibilidades são infinitas e a busca pelo melhor projeto é soberana. A partir da medição inicial do perímetro e levantamentos de dados é possível imputar os dados nos softwares para análises computacionais e o desenvolvimento do projeto. Dentro desses softwares é possível estudar a situação atual, avaliar questões de conforto, propor novos usos e melhor distribuição dos ambientes no espaço, definir e seguir para o detalhamento do projeto.

Este trabalho propõe uma prova de conceito de setorização de ambientes dentro de um perímetro existente, por diretrizes pré-definidas dentro de um código de algoritmo genético, buscando a otimização das áreas e uma visualização preliminar do projeto. Os objetivos específicos incluem a distribuição de áreas dentro de um ambiente existente com otimização de dimensão por algoritmo genético; possibilidade de personalização do perímetro, adaptação dos ambientes e limitação das larguras, conforme tipologia do projeto e necessidades do usuário; e levantamento 3D automatizado do perímetro gerado para visualização inicial da solução.

Essa pesquisa busca aplicar a arquitetura digital diretamente em uma demanda visível no mercado que é a Requalificação de edifícios desocupados. A partir dessa experimentação será possível visualizar novas propostas ao ambiente, auxiliando nas tomadas de decisão sobre o futuro desse edifício e, por fim, na elaboração de projetos com maior qualidade e assertividade. O desenvolvimento do trabalho visa romper as barreiras da Arquitetura

Paramétrica, demonstrando sua aplicabilidade nas tarefas diárias dos projetistas de forma simplificada e usual. Junto com essa desmistificação das ferramentas está a sua aplicabilidade em edifícios existentes, abrindo novos caminhos na luta a favor da preservação e sustentabilidade dos grandes centros urbanos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A necessidade da população de pólos urbanos por moradias vai ao encontro ao imenso número de prédios vazios na metrópole de São Paulo, evidenciando a enorme demanda por (re)adequação e correto direcionamento do uso destes espaços (SPIESS, 2020). A capital paulista conta com 589.020 domicílios desocupados, contrastando com 48.261 pessoas que estão atualmente em situação de rua, segundo informações apuradas em 2022 pelo Censo Demográfico do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o que ressalta a oportunidade de resolução de ambas as questões através do procedimento de ressignificação dos edifícios.

Vale (2006) reforça essa problemática conforme citação abaixo:

Logo, neste contexto urbano mundial, pode-se perceber no retrofit uma oportunidade de negócio para o setor da construção civil, uma vez que cresce a cada dia o número de imóveis carentes de reabilitação e atualizações, sejam elas físicas e/ou tecnológicas, por motivos de segurança, atendimento a novas normas ou ainda para satisfazer ao trinômio de Qualidade, Segurança e Saúde, sem deixar de lado as questões Ambientais. (VALE, 2006, p. 12)

Goulart (2021) compreende em seu estudo a ressignificação desses edifícios a partir do *Retrofit* como uma oportunidade de valorização imobiliária e de eficiência, visando sempre à sustentabilidade em todos os sentidos. Explica também a importância da preservação do contexto da obra e do local onde está inserida, seu valor emocional. Por sua vez, Figueiredo (2021) aborda as complexidades que essa prática exige, da importância de garantir a integridade estrutural da edificação e do seu entorno. O autor apresenta em sua pesquisa a necessidade de adoção de planejamento e demais práticas que antecipem e evitem quaisquer danos físicos durante a reforma.

Para que o procedimento de revitalização seja iniciado de forma adequada, faz-se necessário o reconhecimento desses edifícios junto com o levantamento de dados de maneira



REVISTA BELAS ARTES

Volume 45, Número 2
Maio - Agosto / 2024

ISSN: 2176-6479

precisa, de forma a viabilizar o entendimento da atual situação, das necessidades e das potencialidades. Dessarte, é essencial a verificação de viabilidade técnica na reforma de cada edifício observado. (MENDES e SANTOS, 2020).

O artigo de Dezen (2015) vai ao encontro com Mendes e Santos (2020) e Travassos (2020), ao afirmar que o melhor caminho para um projeto de qualidade é o levantamento de dados e estudos prévios dos edifícios, garantindo maior assertividade e qualidade.

Esses autores buscam mediante suas pesquisas aplicar o levantamento de dados de forma digital utilizando aparelhos e softwares de modelagem. Tais medições digitais já são realidade no mercado e conseguem minimizar os impactos nos prazos, viabilizam aferições de detalhes mais complexos que possam estar presentes nas edificações, além de mitigar os erros que ocorrem em medições análogas.

Ato contínuo ao mapeamento e montagem do projeto digital, com auxílio da metodologia BIM (Modelagem de Informação da Construção), é possível a realização de estudos técnicos com vista a garantir maior qualidade na proposta. Tal como, torna-se viável simular os efeitos físicos como ventilação e iluminação, bem como estudar possibilidades de setorização de forma a auxiliar o projetista em sua tomada de decisão (DA SILVA e KERN, 2019). Braida e Fonseca (2017) destacam essa possibilidade conforme citação abaixo:

A arquitetura não mais precisa ser pensada como um campo de representação estático, mas sim como um campo de experiências fluidas, dinâmicas, enquanto jogo de intensidades entres corpos materiais e corpos eletronicamente conectados. (BRAIDA e FONSECA, 2017, p. 284)

Em contrapartida, a adoção dessa metodologia demanda diversos esforços que precisam ser considerados, como os desafios da implantação de uma nova tecnologia e dos investimentos iniciais, concordam (FIGUEIREDO, 2021) e (EASTMAN, 2014) em seus estudos. Mendes e Santos (2020) complementam explicando sobre a importância de ter uma equipe capacitada na elaboração desses modelos, para garantir os ganhos no processo com o levantamento adequado das informações.

Dessa forma, ao longo do trabalho de pesquisa se tornará possível mapear os caminhos para uma metodologia digital que auxilie na elaboração de propostas para realização das reformas conforme as particularidades de cada edifício a ser ressignificado.

3. METODOLOGIA

O trabalho busca uma metodologia de testes e estudos de novos usos (*layouts*) para edifícios existentes, bem como a representação preliminar desses espaços como meio a Arquitetura Digital.

A primeira etapa para atingir esses objetivos foi a realização de uma pesquisa e análise bibliográfica a partir de livros e artigos científicos, utilizando as bases de dados do *Google Acadêmico e Catálogo Online do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo*. A realização da pesquisa utilizou temas como “Ocupações em Edifícios de São Paulo”, “Reforma”, “Retrofit”, “Arquitetura Digital”, “Aplicações BIM” e “Algoritmo Genético”. Institutos de Pesquisa como IBGE e normas pertinentes também foram consultadas.

Foram filtrados e analisados os arquivos com maior relevância sobre o tema apresentado, a fim de cruzar informações, identificar as principais soluções aplicadas em estudos de casos e as possíveis dificuldades a serem enfrentadas. Essa primeira pesquisa unifica e compreende o que já foi estudado sobre o assunto e identifica os próximos passos a serem complementados pelo trabalho.

A segunda etapa contempla a experimentação das metodologias identificadas em um objeto de estudo, onde será possível exemplificar na prática a funcionalidade das ferramentas em busca dos melhores resultados.

Para a terceira e última etapa, os resultados mais satisfatórios serão combinados com o objetivo de desenvolver uma metodologia prática a ser disponibilizada e aplicada em diversos cenários.

4. PROGRAMAÇÃO VISUAL E ALGORITMO GENÉTICO

Os estudos foram realizados a partir de Programação Visual, uma linguagem de programação gráfica que traz resultados visuais, diferente da linguagem padrão textual. Uma técnica mais intuitiva, com o uso de ícones e diagramas simples, está muito presente nos softwares desenvolvidos para profissionais da área de Design, Arquitetura e Engenharias.



REVISTA BELAS ARTES

Volume 45, Número 2
Maio - Agosto / 2024

ISSN: 2176-6479

Embora seja muito mais prática e utilizada na introdução a programação, ela possui algumas limitações de resultado em comparação com as linguagens tradicionais.

A Programação Visual (VP) refere-se a qualquer sistema que permita ao usuário especificar um programa de forma bidimensional (ou multidimensional). Linguagens textuais convencionais não são consideradas bidimensionais, já que o compilador ou interpretador as processa como um fluxo longo e unidimensional. A Programação Visual inclui fluxogramas convencionais e linguagens de programação gráfica. Não inclui sistemas que utilizam linguagens de programação convencionais (lineares) para definir imagens. (MYERS, 1986, p. 60)

Como ferramenta de trabalho foi utilizado o software Rhinoceros na versão 7, executando o programa Grasshopper, um instrumento de programação visual que permite diversos estudos de automatização e otimização, dentre eles o Algoritmo Genético.

Algoritmos Genéticos são técnicas de otimização computadorizadas inspiradas na evolução natural e da genética. Eles operam com populações de soluções candidatas que buscam soluções para um problema definido, evoluindo em busca do melhor resultado.

Esse processo de busca se divide em algumas etapas, entre criar uma população inicial a partir dos dados imputados, avaliação das primeiras soluções geradas, seleção de resultados com maior aptidão para evoluir em novas gerações a partir de recombinações, uma espécie de criação de descendentes, semelhante ao processo de seleção natural e evolução das espécies.

Assim como o processo natural, as mutações buscam os resultados com maior probabilidade de sobrevivência para reprodução das novas gerações, carregando alguns pontos herdados das gerações anteriores e introduzindo algumas características aleatórias. Também são incluídas mutações aleatórias no meio do processo, alterando o caminho da evolução e trazendo novos resultados que podem ser satisfatórios (LACERDA E CARVALHO, 1999).

Os resultados atingidos serão os mais evoluídos dentro dos parâmetros pré-estabelecidos e de quantas gerações foram escolhidas, limitando as soluções ao número de população e seleção previstas no código desenhado.

Esses algoritmos podem ser utilizados para solução de diversas problemáticas, como projetar rotas, planejamento arbóreo, distribuição e execução de fundações, estruturas, assim como otimização de espaços e dimensionamento, como utilizado nesta pesquisa.

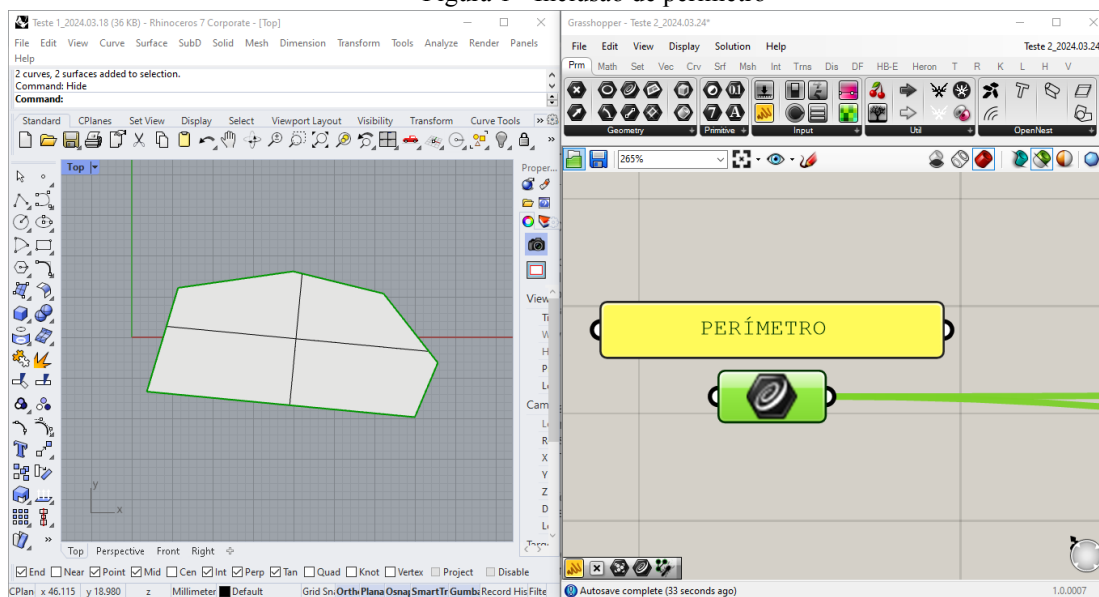
5. ESTUDO Nº01 - POSICIONAMENTO DO OBJETO NO ESPAÇO

A primeira experimentação buscou a possibilidade de movimentação de um objeto pré-estabelecido (ambiente) dentro de qualquer perímetro existente determinado (construção existente) de forma automatizada, já utilizando a programação com Algoritmos Genéticos com o plugin Galápagos.

O plugin Galápagos permite que diversas variáveis denominadas de “Genomas” sejam modificadas para atingir o “Fitness”, um resultado simples de Maximização ou Minimização pretendido.

O código inicia com a inclusão de um perímetro desenhado no Rhinoceros e implantado no Grasshopper no formato de Curva. Os itens seguintes do código foram desenvolvidos para se adaptar a esse formato, permitindo que ele seja alterado para a realização de estudos em diferentes formatos e dimensões. Para construção do primeiro objeto foi considerado o mesmo processo, possibilitando também a sua personalização.

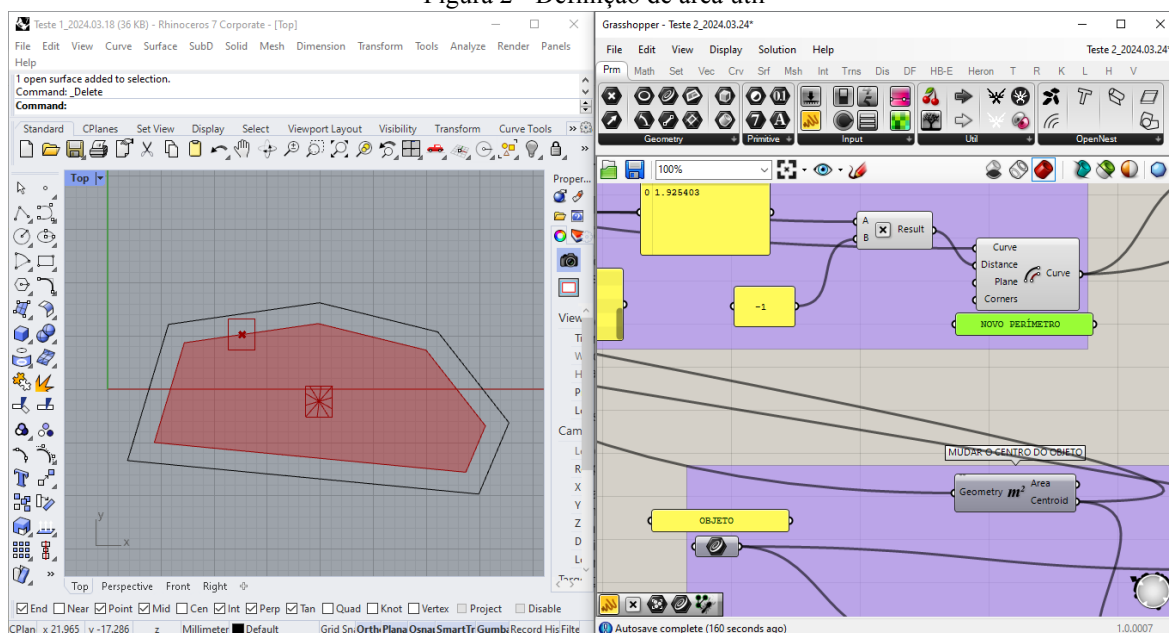
Figura 1 - Inclusão de perímetro



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Na sequência a dimensão do objeto foi utilizada como parâmetro para delimitação do perímetro útil, garantindo que dessa forma o objeto nunca ultrapasse os limites da construção existente.

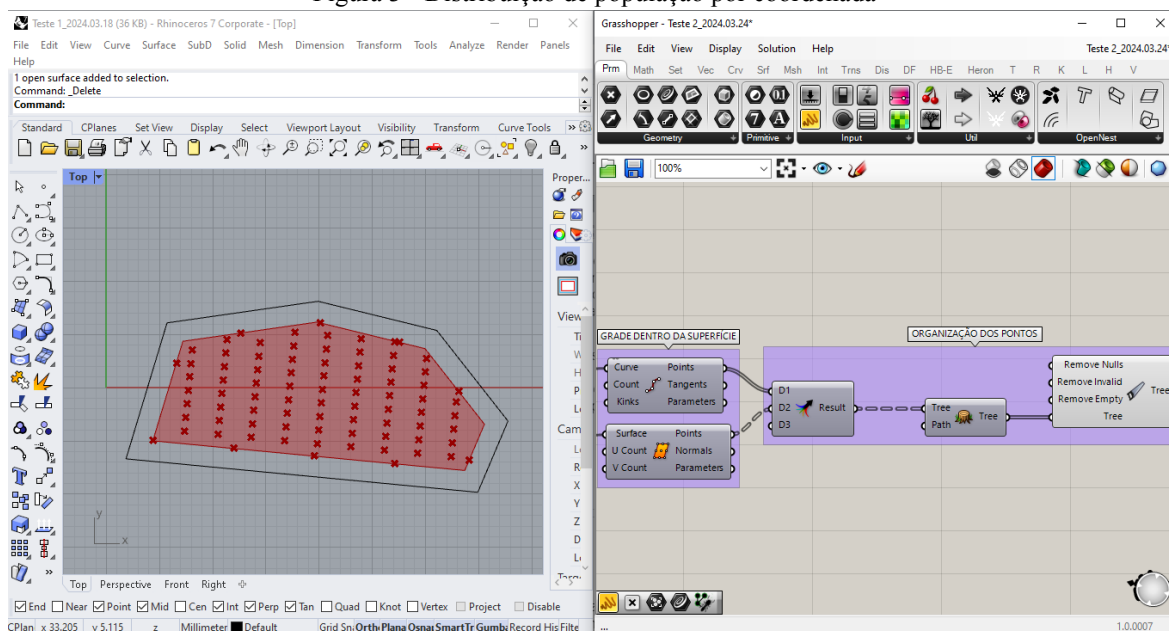
Figura 2 - Definição de área útil



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Dentro desse novo perímetro delimitado pelo objeto, foi distribuído uma população de pontos, por onde esse elemento poderia se movimentar dentro do espaço determinado. Essa movimentação é possível através de uma mudança de eixo que altera o ponto central do objeto para a posição dos novos pontos gerados.

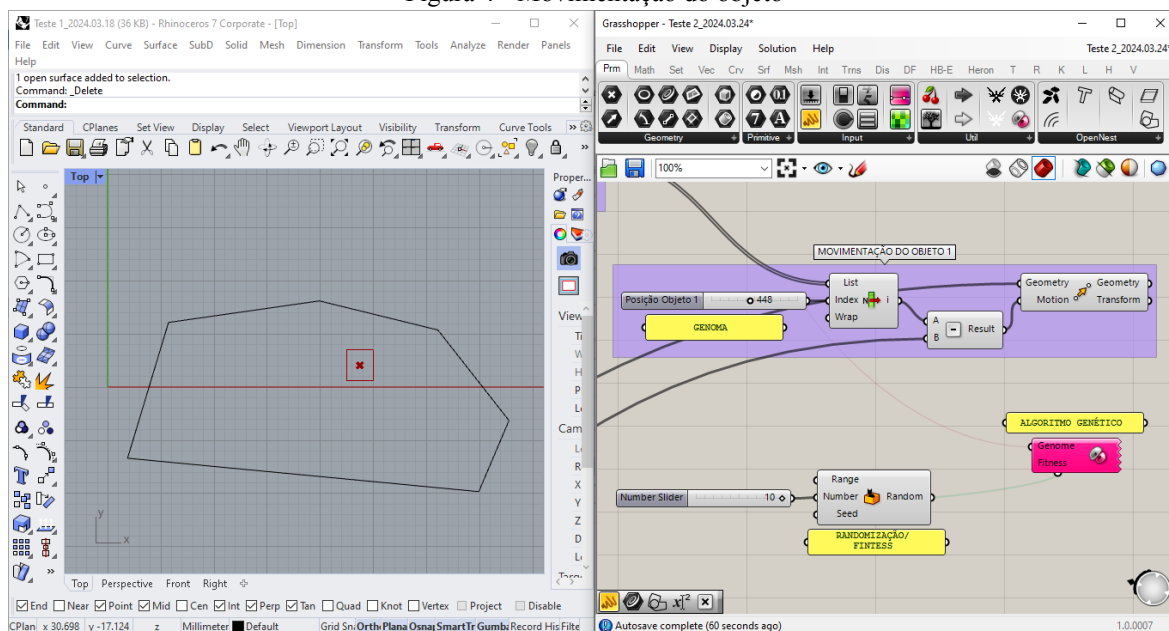
Figura 3 - Distribuição de população por coordenada



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

O último passo deste estudo foi a movimentação de forma automatizada, utilizando o elemento de Algoritmos Genéticos. Para isso foi imputado como genoma do Galapagos a seleção de qual ponto dentro do perímetro esse objeto se posicionaria. Como objeto (Fitness) neste estudo inicial foi utilizado um parâmetro de randomização, apenas para teste de funcionalidade do sistema.

Figura 4 - Movimentação do objeto



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

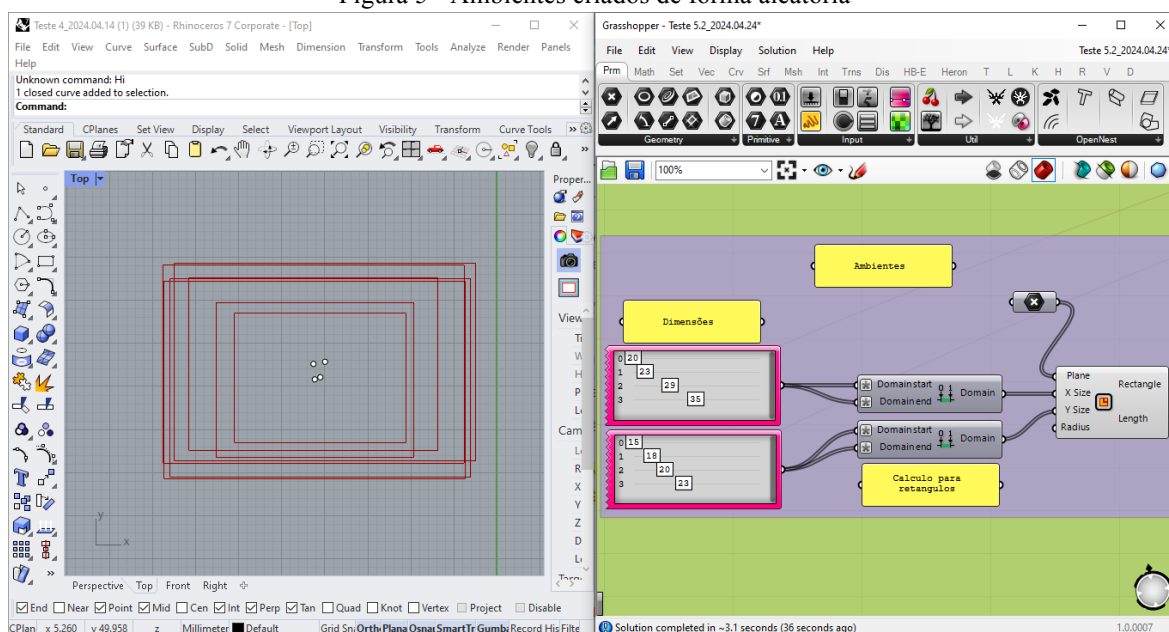
O resultado deste estudo gerou uma autonomia de movimentação do ambiente dentro de um espaço delimitado, além de ser possível a adaptação para inclusão de mais ambientes. Todavia, ficaram pendentes os elementos de otimização da posição em relação ao espaço, devido a utilização da randomização. Também ficou pendente a adaptação da dimensão deste ambiente criado dentro do espaço, sendo necessária a evolução nos próximos estudos para atingir os resultados esperados.

6. ESTUDO Nº02 - DISTRIBUIÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DE NESTING

Visando à distribuição simplificada de múltiplos ambientes em um perímetro, o segundo estudo foi voltado para a solução com Nesting, comumente utilizado na Fabricação Digital para distribuição de peças para corte, garantindo a otimização do uso de material. O plugin utilizado foi o Open Nest que é disponibilizado gratuitamente para utilização dentro do Grasshopper.

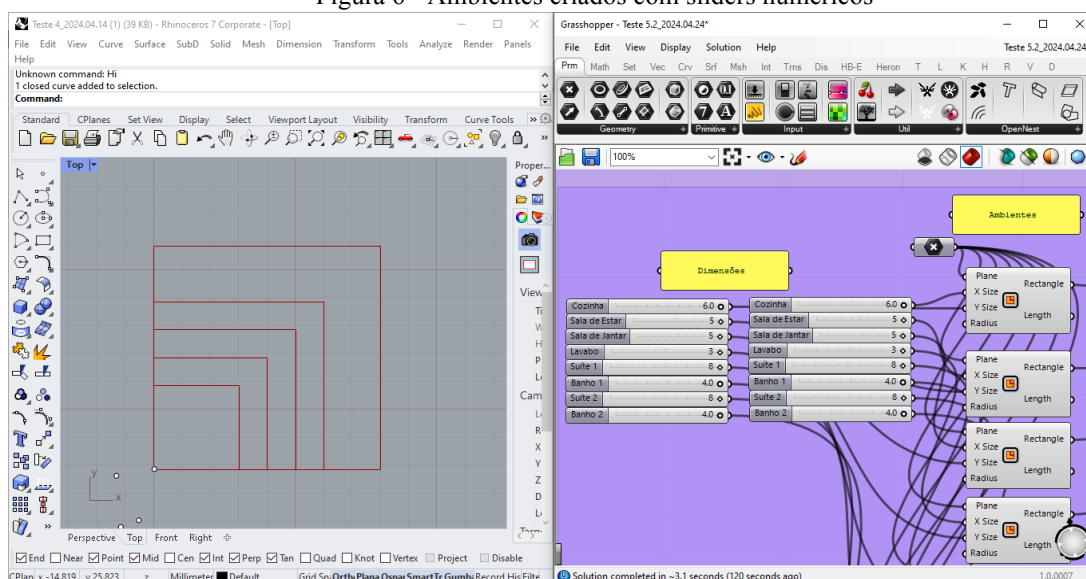
O código se inicia com a criação dos ambientes, inicialmente de forma mais aleatória pelo Gerador de Dimensões (*Gene Pool*), onde é possível limitar as larguras mínimas e máximas dos espaços, mas com os mesmos valores para todos os ambientes. Este trecho foi brevemente substituído pelos sliders numéricos, que permite a delimitação de forma mais personalizada para cada ambiente.

Figura 5 - Ambientes criados de forma aleatória



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

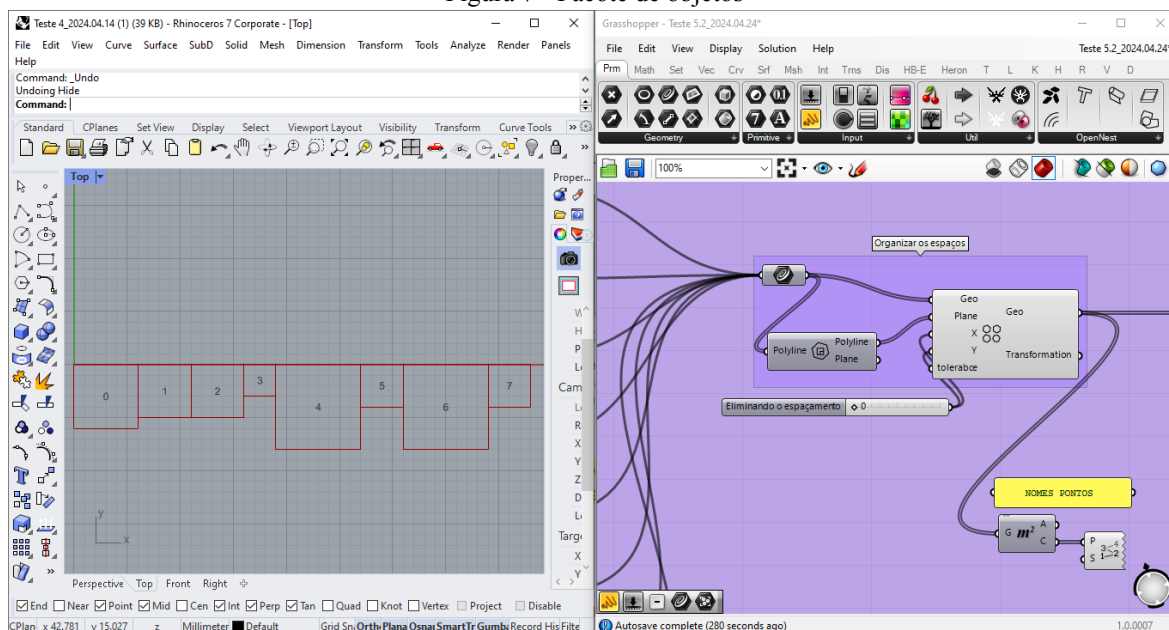
Figura 6 - Ambientes criados com sliders numéricos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

O Open Nest oferece um elemento de agrupamento e organização dessas curvas, que facilita a visualização individual de cada ambiente e análise de suas dimensões. Esse elemento denominado *Pack Objects* (Pacote de Objetos) entra como o próximo item do código antes da realização do Nesting.

Figura 7 - Pacote de objetos

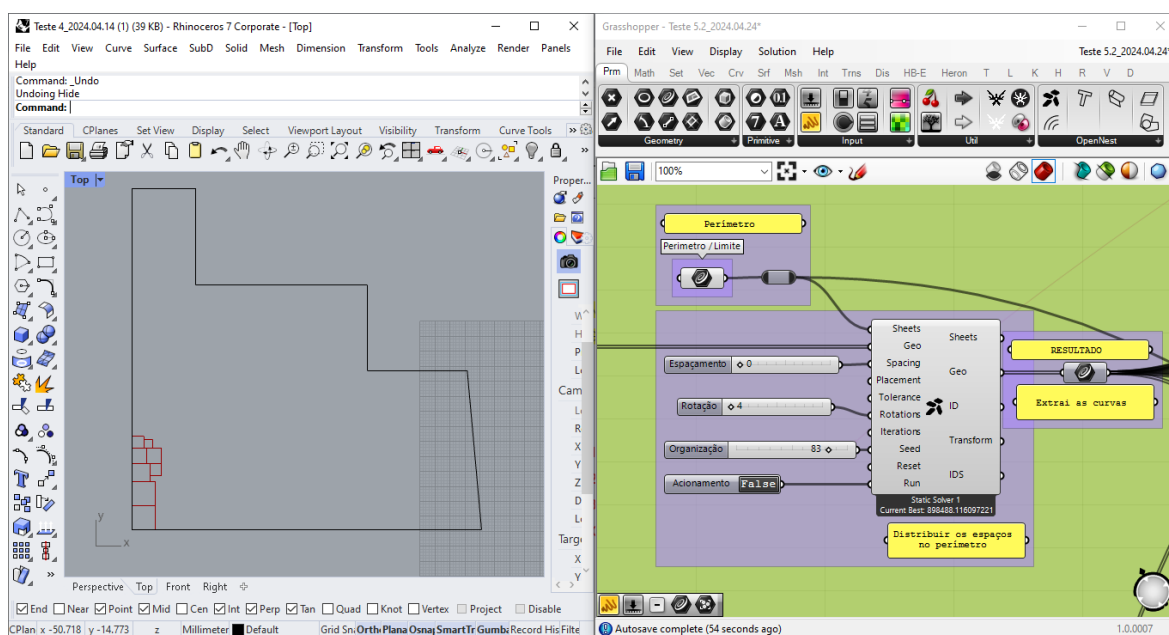


Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

A ferramenta de Nesting solicita diversas informações para funcionar, entre elas o limite para distribuição dos ambientes, onde entra o perímetro que foi desenhado no Rhino e implantado no Grasshopper por intermédio de uma curva. Assim como o código anterior, o perímetro pode ser personalizado sem interferir no funcionamento do código, permitindo análises em diferentes sítios.

Outros dados incluídos foram: o espaçamento entre ambientes, selecionado em 0 para fiquem sempre unidos; o limite de rotação; o *Seed*, que são as variações de posicionamento e, por último, o botão de acionamento do sistema (*Run*).

Figura 8 - Open Nest



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

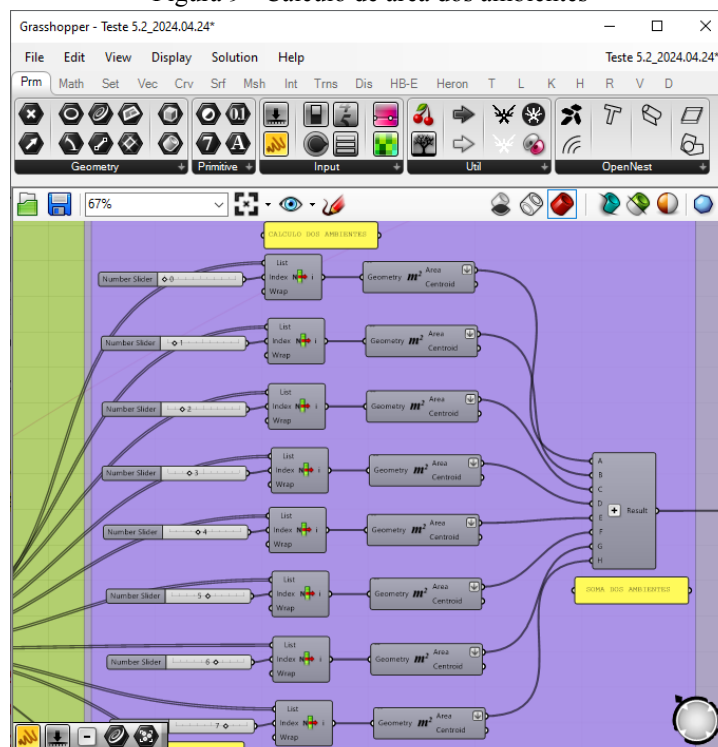
Foi realizada a soma das áreas dos ambientes internos como elemento de otimização, para que a ferramenta de Algoritmo Genético tenha um valor de referência a ser melhorado, ampliado dentro dos limites pré-estabelecidos na criação das curvas.

Para garantir que os ambientes não ultrapassem o perímetro estabelecido foi utilizado um multiplicador negativo junto ao item Trim With Region, que identifica quando os objetos se interseccionam. Sempre que houvesse essa intersecção o multiplicador mandaria um valor 0, negando a solução e forçando o algoritmo a buscar novas opções.

A última fase foi a organização da ferramenta de otimização, que utilizou como parâmetro os sliders de dimensão dos espaços e o elemento de organização do Open Nest (Seed) para gerar os maiores ambientes dentro do limite pré-estabelecido.

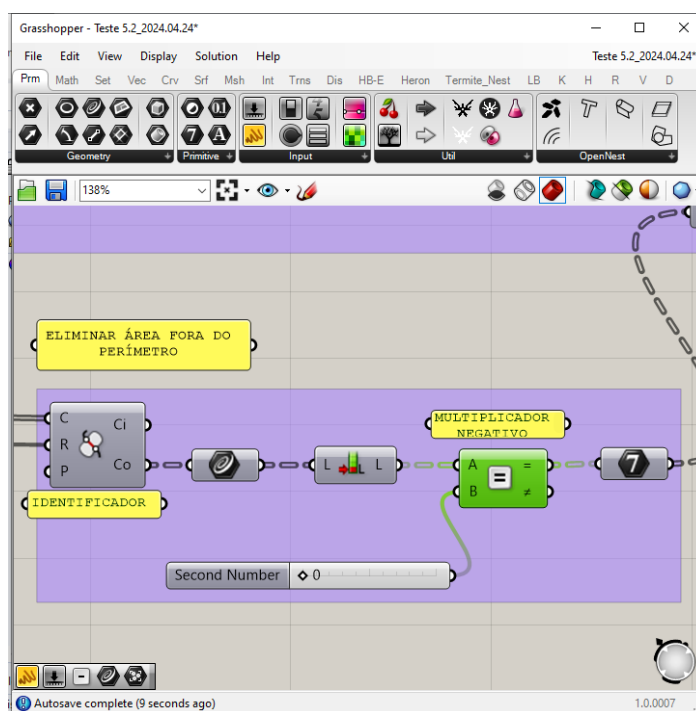
Com o uso do código foi possível personalizar os limites de crescimento dos espaços, otimizando para a maior dimensão possível dentro de um perímetro pré-estabelecido, ficando pendente o agrupamento adequado desses espaços, como quarto + banheiro, uma vez que a ferramenta de Nesting não viabiliza o agrupamento pré-definido das curvas imputadas.

Figura 9 - Cálculo de área dos ambientes



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Figura 10 - Multiplicador negativo



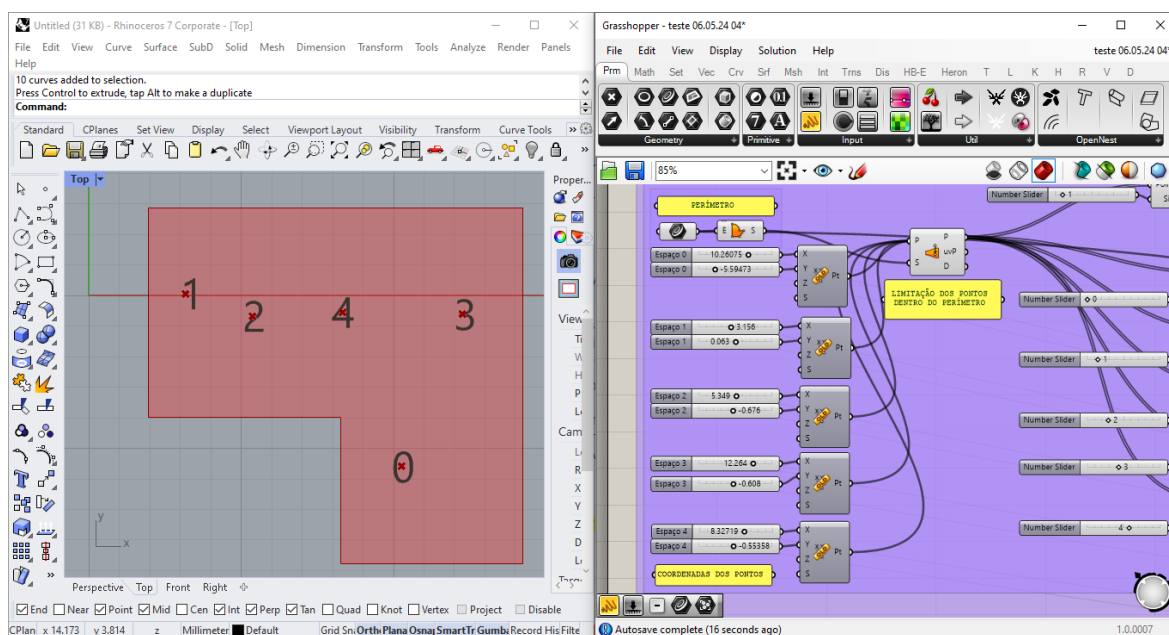
Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

7. ESTUDO Nº03 - DISTRIBUIÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DE COORDENADAS

Após a identificação das limitações da ferramenta de Nesting em relação à distribuição dos ambientes, foi idealizado um novo código utilizando apenas as ferramentas nativas disponíveis no software.

O código inicia com o impute do perímetro, que pode ser personalizado semelhante aos estudos anteriores, mas desta vez foi transformado em uma superfície. Dentro dessa superfície foram distribuídos pontos de eixo para a futura movimentação dos ambientes (através de slides numéricos) utilizando a ferramenta Surface CP, que por sua vez limita a movimentação dos slides dentro do perímetro.

Figura 11 - Eixo dos ambientes distribuídos no espaço



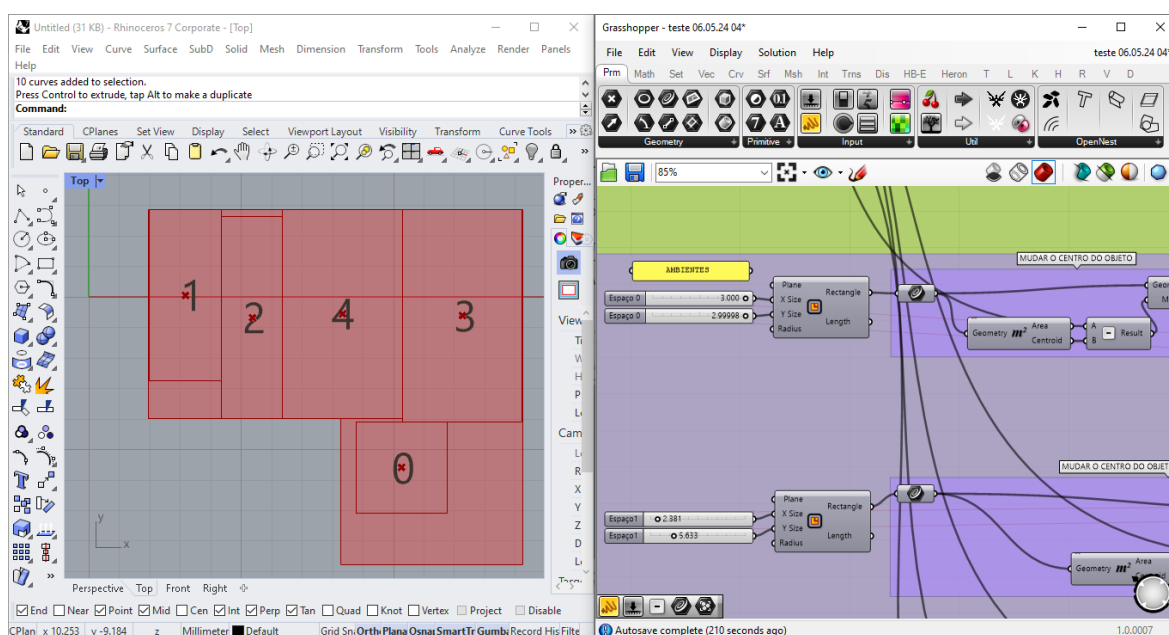
Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Na sequência os ambientes foram criados, com o dimensionamento personalizado através de slides para otimização, e movimentados para os pontos de eixo gerados dentro da superfície.

Para evitar que os espaços colidam, foi utilizado o multiplicador negativo aliado ao Trim With Region dos códigos anteriores, considerando além da interseção entre os ambientes e o perímetro como também a colisão entre ambientes, uma vez que não utilizada a ferramenta de Nesting que evita automaticamente essa segunda colisão.

Um novo multiplicador negativo foi adicionado ao código para garantir que os ambientes relacionados permanecessem juntos. Utilizando a ferramenta Curve Proximity, que identifica a menor linha entre dois ambientes, foi adicionado um Código Python que multiplicaria um valor negativo sempre que essa distância fosse maior do que 0,5 m, forçando-o a buscar uma nova solução diferente para conseguir otimizar sua população de resultados. O limite de 0,5 m foi selecionado para evitar problemas de sobrecarga do código e garantir uma maior gama de soluções.

Figura 12 - Substituição do eixo do ambiente



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Para viabilizar essas duas últimas variáveis, devido à dimensão dos objetos de estudo (perímetro e ambientes), foi necessário o ajuste da quantidade de casas decimais após a vírgula nos sliders de posicionamento dos pontos, sendo necessárias três casas para evitar a junção entre ambientes e 5 casas para calcular a proximidade dos ambientes desejados.

Como Genoma para o Algoritmo Genético foram utilizados os sliders de posicionamento dos pontos (eixos dos ambientes) e os sliders de dimensão. A busca de otimização contou com a soma dos ambientes, conforme Estudo N° 02, buscando ampliar para o máximo possível dentro das limitações de intersecção e proximidade dos ambientes selecionados.

Os resultados deste último estudo foram satisfatórios, gerando um código adaptável que estuda a distribuição de espaços dentro de um perímetro existente, buscando a maior área possível de maneira organizada. A partir deste código é possível substituir o perímetro de estudo e adaptar a quantidade, limites de dimensão e relacionar os ambientes desejados.

Com essa solução é possível experimentar de forma rápida novas setorizações de um ambiente existente, auxiliando nos estudos iniciais da ressignificação de um espaço e orientando para os próximos passos de reestruturação desses edifícios.

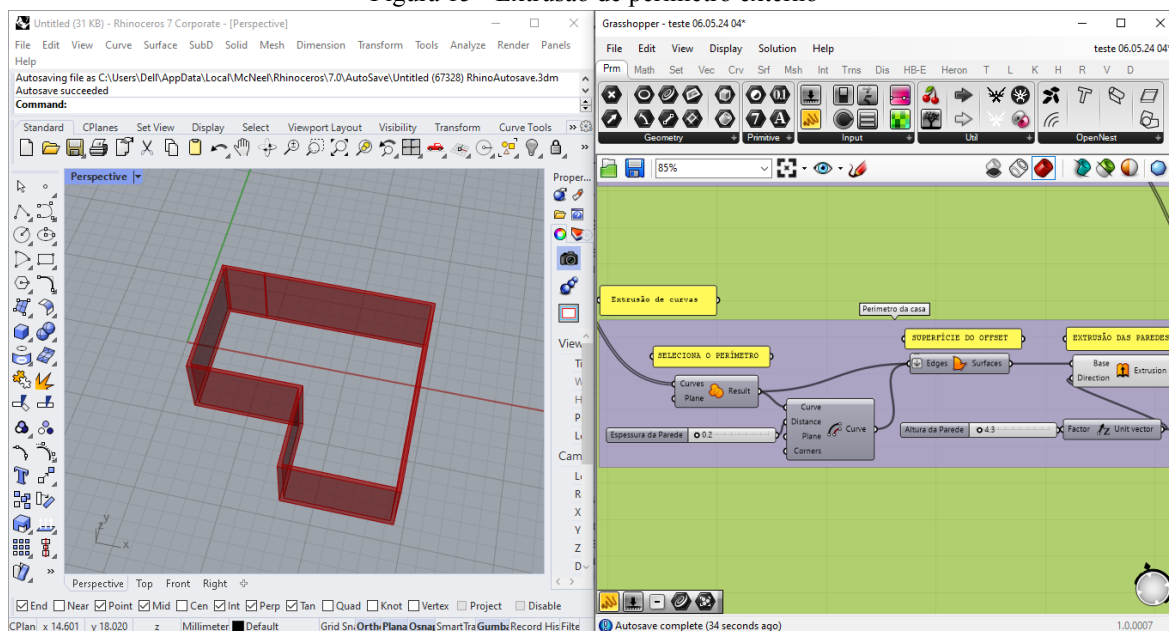
8. ESTUDO COMPLEMENTAR - CÓDIGO DE VISUALIZAÇÃO 3D AUTOMATIZADA

Este estudo está vinculado ao resultado gerado no código anterior, buscando uma rápida visualização tridimensional de forma automática.

As curvas extraídas da setorização são selecionadas e separadas entre perímetro e paredes internas, para a setagem das espessuras adequadas em cada situação.

A Ferramenta Region Union (União da Região) unifica todas as curvas, criando um elemento único de perímetro. As linhas são duplicadas com o Offset Curve para gerar uma superfície que será extrudada no eixo Z, gerando a paredes externas. Todos os parâmetros de dimensão e altura podem ser personalizados conforme a necessidade do usuário e escala do projeto.

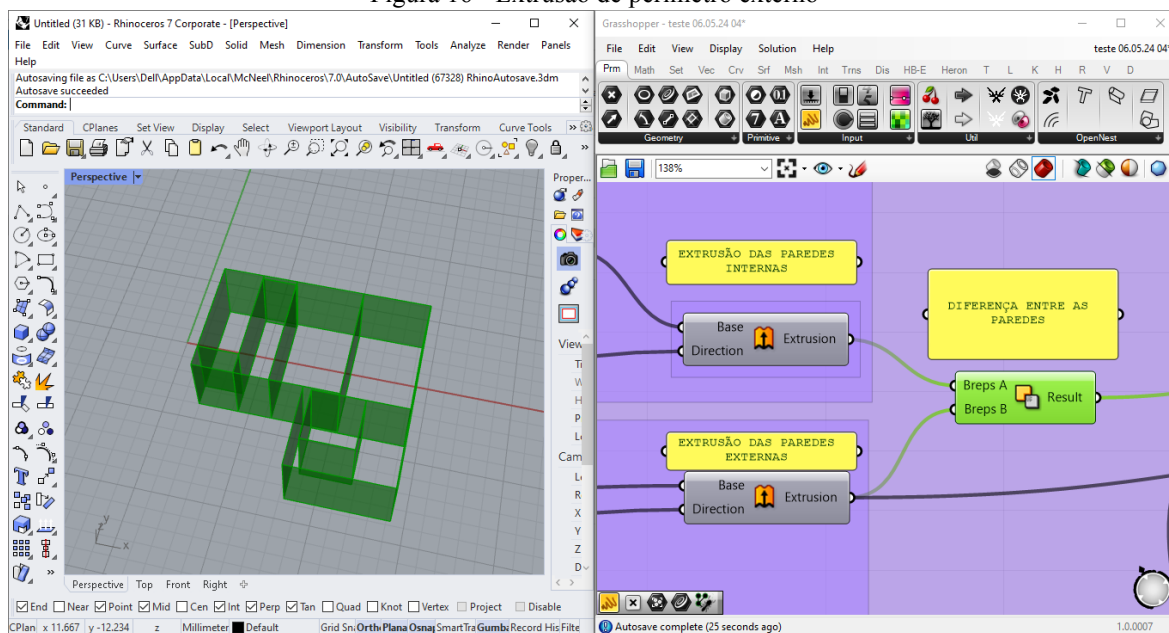
Figura 15 - Extrusão de perímetro externo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Para as paredes internas foi realizada a extrusão de todo o conjunto de curvas em um novo grupo com espessura desejada e na sequência o perímetro extra foi removido utilizando a ferramenta Solid Difference (Diferença entre sólidos). A dimensão das paredes internas também pode ser adaptada.

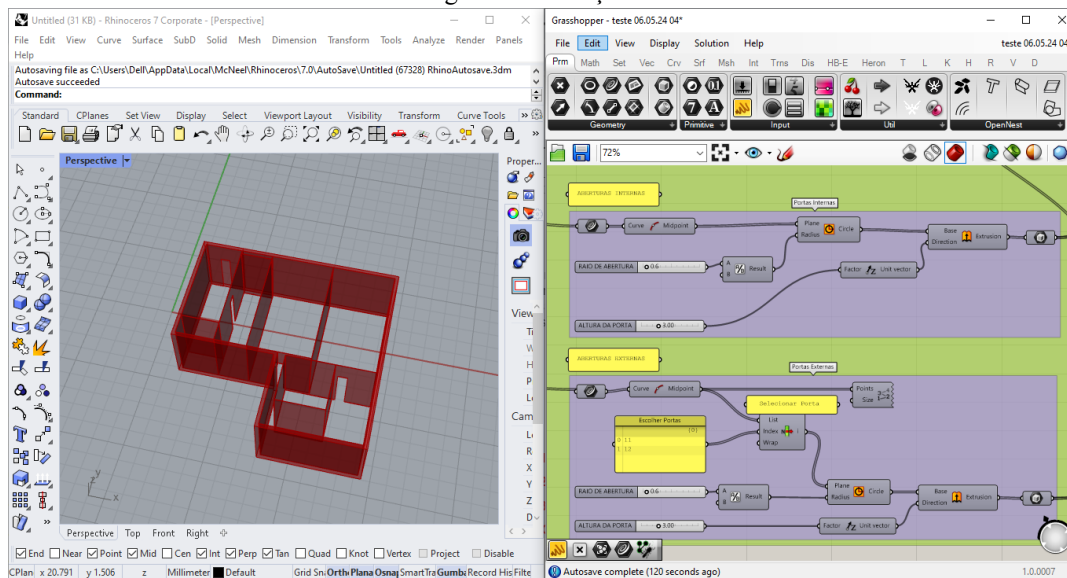
Figura 16 - Extrusão de perímetro externo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Por fim, foram geradas algumas aberturas de portas, com extrusões de volumes nos eixos das paredes, que foram removidos utilizando novamente a ferramenta Solid Difference, gerando uma pré-visualização de todo o conjunto. Para as portas externas foram selecionados apenas alguns pontos que podem ser adaptados, assim como as medidas dos raios.

Figura 17 - Criação de aberturas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

9. CONCLUSÃO

Para o desenvolvimento de um código assertivo foram necessárias diversas experimentações a partir dos resultados encontrados, buscando um melhor direcionamento para que o Algoritmo Genético pudesse evoluir conforme o programado.

Devido à limitação de apenas um valor para o Fitness foi necessário atrelar variantes mais complexas que também direcionam para o resultado pretendido, além da verificação dos inputs no Genoma para que o resultado seja possível, evitando erros no cálculo da ferramenta.

O código final atingiu resultados satisfatórios que auxiliam no desenvolvimento de projetos de reformas, trazendo versatilidade nas setorizações, que devem ser adaptadas conforme a

necessidade do usuário, podendo também auxiliar nas negociações que direcionam a resignificação dos edifícios desocupados ou subutilizados.

Embora esse não seja o objetivo da pesquisa, foi identificado que os resultados atingidos com o código desenvolvido também podem se aplicar na setorização de projetos de novas construções.

REFERÊNCIAS

BRAIDA, F. LIMA, F.; FONSECA, J. *101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na era digital*. 1. ed. São Paulo: Bookwire - ProBooks, 2017. 345 p. Disponível em: <https://elibro.net/pt/ereader/belasartes/197833?page=345>. Consultado em: 21 Nov 2023

DEZEN-KEMPTER, Eloisa et al. “Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas”. In: *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 10, n. 2, p. 113-124, 2015.

EASTMAN, Chuck et al. *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FIGUEIREDO GOMES LIMA, Luciana; FIGUEIREDO, Karoline. “Análise da implementação da metodologia BIM em reformas de pequeno porte”. In: *Boletim do Gerenciamento*, [S.l.], v. 25, n. 25, p. 56-67, ago. 2021. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/580>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

GOULART, Maelly Dias. “Retrofit: a importância do reuso de edifícios”. Repositório de trabalhos de conclusão de curso, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2021. São Paulo: IBGE, 2022.

LACERDA, Estéfane GM de; DE CARVALHO, ACPLF. Introdução aos algoritmos genéticos. *Sistemas inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais*, v. 1, p. 99-148, 1999.

LIMA, Luciana Figueredo Gomes; FIGUEIREDO, Karoline. “Análise da implementação da metodologia BIM em reformas de pequeno porte”. In: *Boletim do Gerenciamento*, v. 25, nº 25, p. 56-67, 2021.



REVISTA BELAS ARTES

Volume 45, Número 2
Maio - Agosto / 2024

ISSN: 2176-6479

MENDES, Raísa C.; SANTOS, Eduardo T. “Reflexões sobre a reabilitação de edifícios, bim e técnicas avançadas de captura de dados da realidade existente”. *Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído*, v. 18, nº 1, p. 1-8, 2020.

MYERS, Brad A. *Visual programming, programming by example, and program visualization: a taxonomy*. *ACM sigchi bulletin*, v. 17, n. 4, p. 59-66, 1986.

NEUHOLD, Roberta dos Reis. “Os movimentos de moradia e sem-teto e as ocupações de imóveis ociosos: a luta por políticas públicas habitacionais na área central da cidade de São Paulo”. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

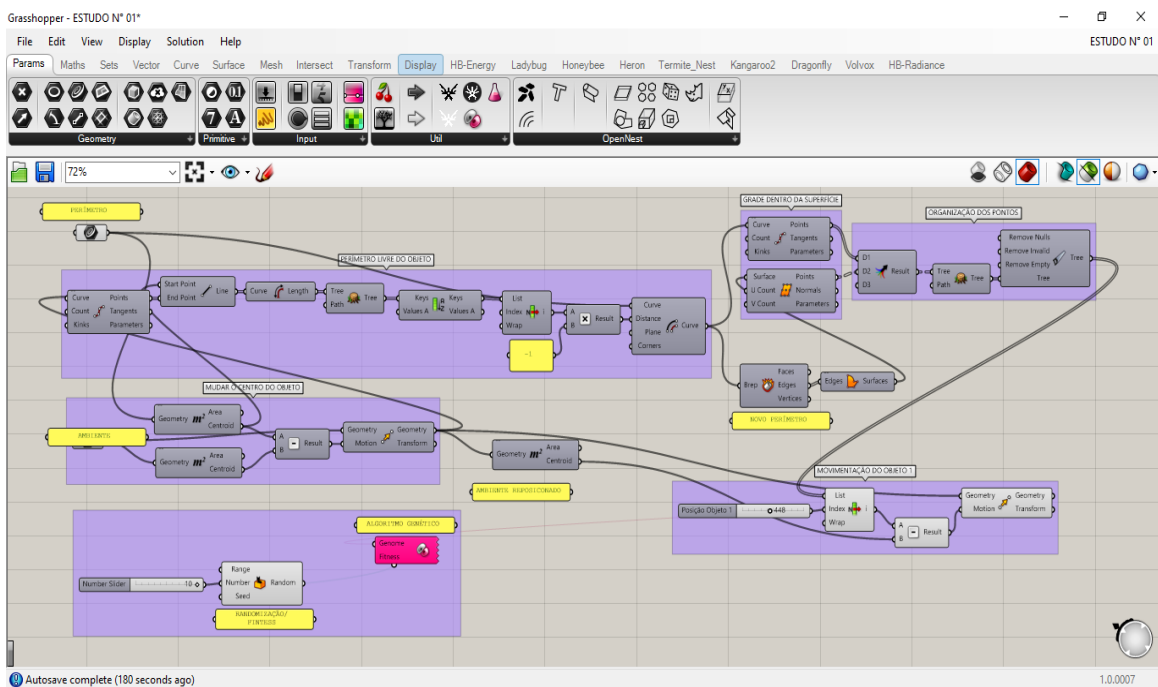
SILVA, Luiz Gustavo Zuliani; KERN, Andrea Parisi. “Reabilitação de edifício: estudo paramétrico através de indicadores de eficiência de espaço”. *Encontro Latino-Americano e Europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis*, p. 1330-1339, 2019.

SPIESS, W. “Ocupações de edifícios abandonados no centro de São Paulo: novas formas de pensar o urbanismo”. In: *XII Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo, São Paulo-Lisboa, 2020*. Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, 2020.

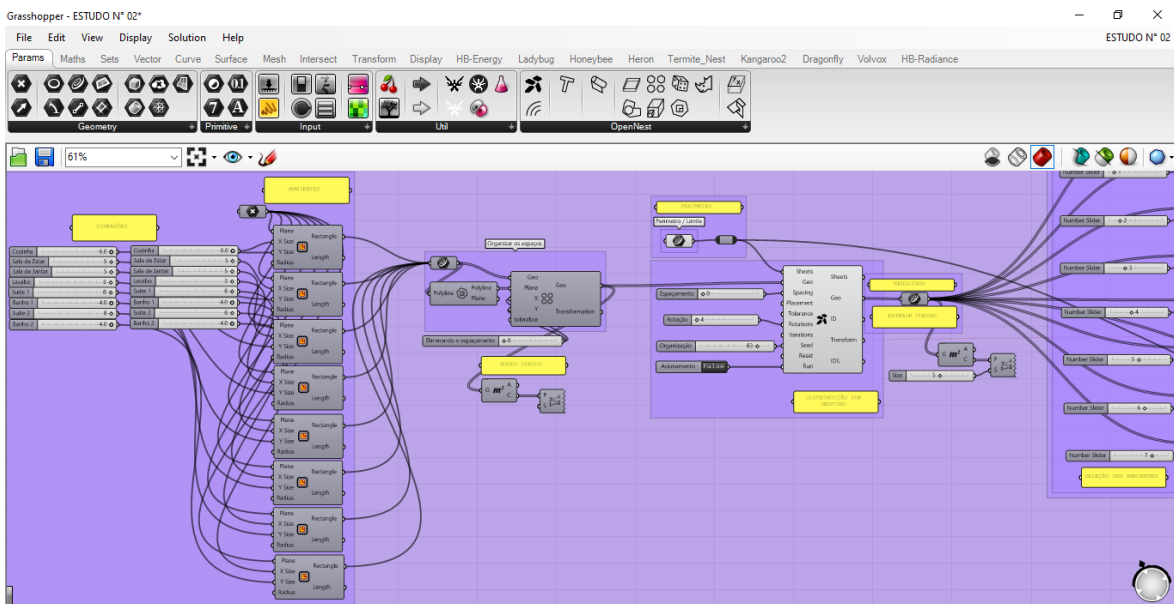
TRAVASSOS, Cristiano Saad; FERREIRA, Ana Carolina Franco; FAÍSCA, Renata Gonçalves. *Mapeamento de manifestações patológicas em edifícios históricos utilizando hbim*.

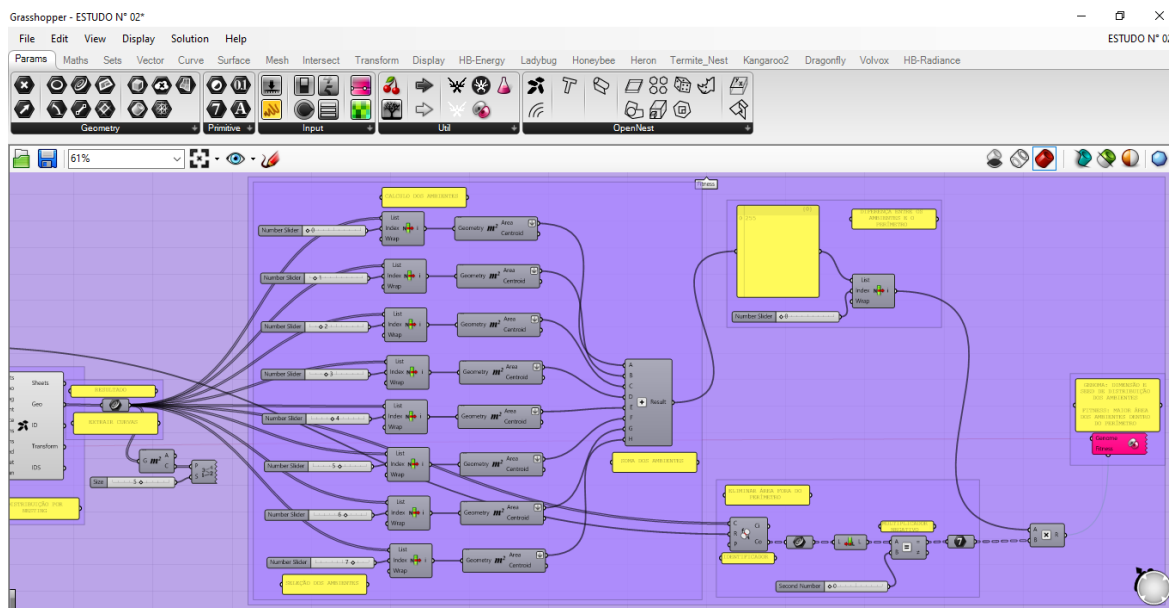
VALE, Mauricio Soares. *Diretrizes para racionalização e atualização das edificações segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit*. Rio de Janeiro: FAU, 2006.

ANEXO 1 - CÓDIGO ESTUDO Nº01

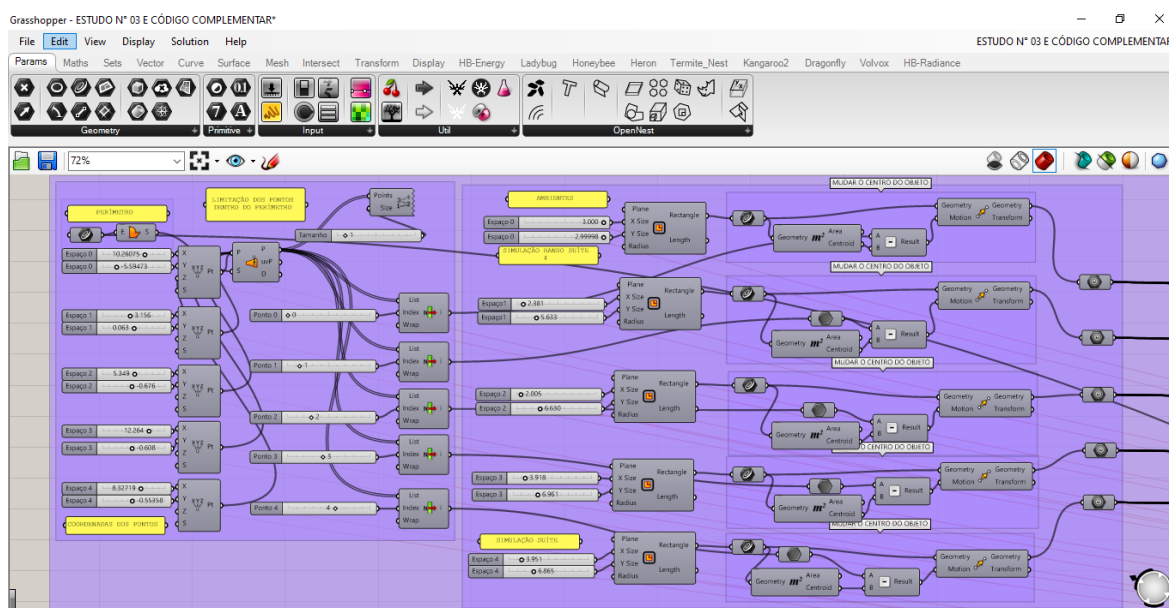


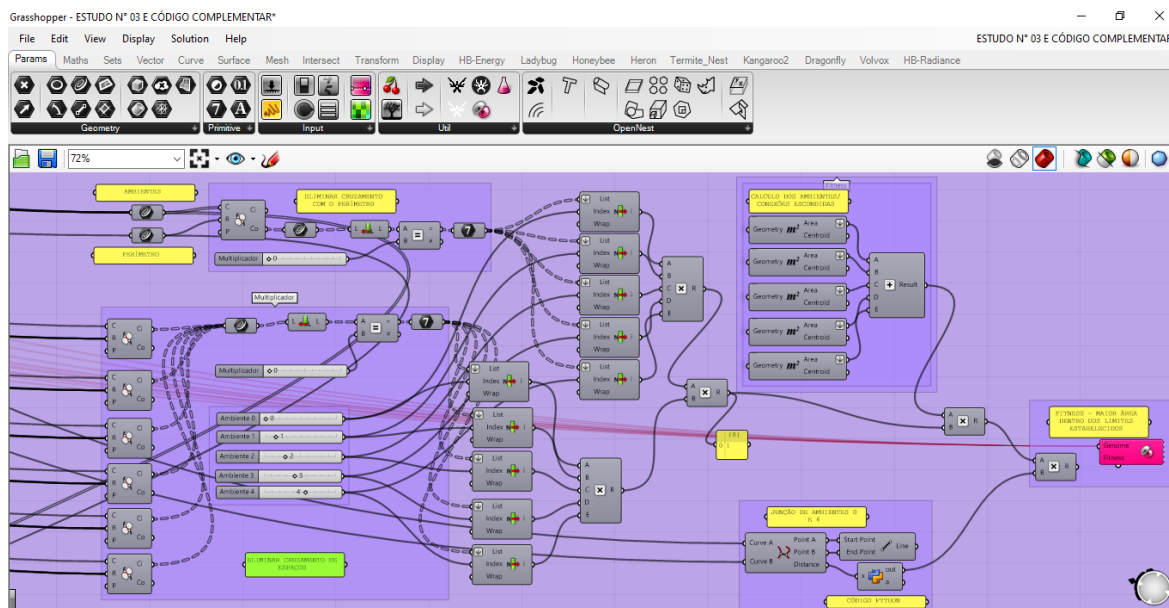
ANEXO 2 - CÓDIGO ESTUDO Nº02





ANEXO 3 - CÓDIGO ESTUDO Nº03





ANEXO 4 - CÓDIGO DO ESTUDO COMPLEMENTAR

