

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e Tecnologia
Unidade Acadêmica de Design

ELEMENTOS VAZADOS EM SOLO-CIMENTO SUSTENTÁVEL

Aluno: Pedro Henrique Jacinto Alves
Orientador: João Batista Guedes

Campina Grande, Agosto de 2018

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e Tecnologia
Unidade Acadêmica de Design

ELEMENTOS VAZADOS EM SOLO-CIMENTO SUSTENTÁVEL

Aluno: Pedro Henrique Jacinto Alves
Orientador: João Batista Guedes

Relatório técnico-científico apresentado ao Curso de Design do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Design, com habilitação em projeto de produto.

Campina Grande, Agosto de 2018

Relatório técnico-científico apresentado ao Curso de Design do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Design, com habilitação em projeto de produto.

Daniel Leite Costa

João Batista Guedes

Levi Galdino de Souza

Campina Grande, Agosto de 2018

DEDICATÓRIA

Pras três grandes mulheres da
minha vida.

Minha irmã, Nuhara.

Minha mãe, Mildred

E minha irmã, que do céu torce
por mim, Sammara.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço por todo suor e luta de minha mãe ao tentar me entregar todas as oportunidades que me trouxeram até aqui. Se cheguei onde cheguei, o motivo é inteiramente dela por não desistir e me criar, independente de todas as barreiras e dificuldades de uma mãe solteira, com muito amor e carinho.

Agradeço à Geovanna Chaves e Marcela Avellar por terem sido minhas grandes amigas e companheiras do início ao fim. Terem me ajudado em todos os momentos, dentro e fora da Universidade, e acima de tudo, me apoiado em todos os momentos que precisei.

A todos os professores e funcionários do Curso de Design, especialmente à Grace Sampaio, Glielson Montenegro e Cleone Souza. Vocês foram de extrema importância nesse processo.

A meu orientador, Joca Guedes, por todo tempo e paciência dedicados a me ajudar, me ensinar e me guiar em todo passo desse projeto. Agradeço imensamente por todas as orientações e conselhos, levarei comigo pra vida.

Ao professor Reginaldo, do Curso de Engenharia de Materiais pelo suporte e contribuição. Não tenho palavras pra agradecer por todas as vezes que precisei e fui atendido.

Aos meus amigos Victor Lustosa, Mikyell Lyra, Luan Vasconcelos e meu time da 99 por torcerem e acreditarem em mim.

E em especial, para o grande presente que este curso pôde me entregar. Minha grande amiga, parceira e irmã Maria Isabelly. De todas as pessoas que encontrei nesse percurso, você foi, sem dúvidas, a mais importante. Te amo imensamente.

Agradeço por todos que estiveram e estão comigo em mais uma etapa da minha vida.

Resumo

Este relatório descreve o desenvolvimento do projeto de um elemento em solo-cimento sustentável para a construção de painéis vazados, destinados à ambientes internos e externos.

Este projeto foi desenvolvido com base na metodologia de Wucius Wong, de geração de formas e propostas de soluções, com abordagem da expressão intuitiva da criação visual, com métodos e procedimentos técnicos do campo disciplinar da Metodologia Visual.

Durante todo o processo, além do estudo de geração do elemento vazado, foi feito, em paralelo, a análise do solo-cimento com aplicação do pó de serra juntamente com o Professor Reginaldo, do curso de Engenharia de Materiais, e seus alunos. Esta análise abriu portas para a aplicação de pigmentos para coloração de produtos desenvolvidos com este material, aplicação esta que ainda não havia sido feita ou estudada por eles.

Com a proposta final, encontrou-se um elemento capaz de gerar diversos painéis compositivos e que pudesse ser feito no material em questão, o solo-cimento, que, independente de ainda estar em desenvolvimento e passando por estudos, já pode ser aplicado em diversos produtos.

Palavras chaves:

Elementos vazados, solo-cimento, sustentabilidade, painéis compositivos, metodologia visual.

Sumário

1 Considerações iniciais	14
1.1 Introdução	14
1.2 Elementos vazados	15
1.2.1 Uso dos elementos vazados no Brasil	16
1.3 Oportunidade	19
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivos gerais	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 Justificativa	20
2 Metodologia	23
2.1 Metodologia visual	23
2.2 Etapas	23
2.2.1 Etapa 1: Levantamento de dados	23
2.2.2 Etapa 2: Estudos da forma e do material	23
2.2.3 Etapa 3: Estudos tridimensionais.....	24
2.2.4 Etapa 4: Detalhamento final do projeto	24
3 Levantamento e análise de dados	26
3.1 Design de superfície	26
3.2 Solo-cimento e tijolos ecológicos: uma alternativa sustentável	27
3.2.1 Geração de resíduos	28
3.2.2 Materiais para criação do tijolo ecológico	29
3.2.2.1 Cimento	29
3.2.2.2 Resíduo de serraria	29

3.2.2.3 Solo (30% argila + 70% areia)	29
3.2.2.4 Água	29
3.3 Características formais dos módulos cimentícios	30
3.3.1 Módulos com moldura	30
3.3.2 Módulos sólidos	30
3.3.3 Módulos vazados	31
4 Desenvolvimento	33
4.1 Fase inicial do projeto: Diretrizes	33
4.1.1 Procedimentos metodológicos visuais	34
4.1.2 Módulo e supermódulo	34
4.1.3 Princípios da forma	35
4.1.4 Forma enquanto plano	36
4.1.5 Conclusão	37
4.2 Segunda etapa: Módulos bidimensionais desenvolvidos	37
4.2.1 Módulos escolhidos	42
4.2.2 Conclusão	42
4.3 Terceira etapa: Princípios adotados para a construção das composições	43
4.4 Quarta etapa: Composições com os módulos escolhidos.....	44
4.4.1 Alterações nos módulos	48
4.4.2 Estudo de composições	52
4.4.3 Conclusão	57
4.5 Quinta etapa: Refinamento dos módulos escolhidos para estudo	57
4.5.1 Avaliação dos módulos	60
5 Detalhamento do projeto	62
5.1 Desenvolvimento do módulo escolhido	62

5.1.1 Estudos volumétricos	62
5.1.1.1 Conclusão	65
5.1.2 Estudo das faces com auxílio digital	66
5.1.2.1 Conclusão	68
5.2 Modelo em tamanho real	69
5.2.1 Elemento vazado definido	70
5.2.2 Representação dos elementos vazados no plano cartesiano	71
5.2.2.1 Painéis compositivos dos elementos vazados	71
6 Detalhamento técnico	76
6.1 Características do elemento vazado	76
6.2. Materiais e processos	76
6.2.1 Materiais	76
6.2.2 Processos do solo-cimento	77
6.2.3 Processos de fabricação do elemento vazado em solo-cimento	78
6.3 Testes de aplicação de cor	80
6.4 Apresentação do produto	84
6.5 Simulações de aplicação do produto no ambiente	85
6.6 Estudos de cor	86
6.6 Vistas ortogonais do elemento vazado e medidas	90
6.7 Vistas ortogonais do molde e medidas	91
7 Recomendações	93
8 Considerações finais	95
9 Referências bibliográficas	97

Lista de figuras

IMAGEM 1 - Obra Blanca Arquitectos em Casa Iguana	15
IMAGEM 2 - Three14 Architects em Cape Town, South Africa	15
IMAGEM 3 - Muxarabis no Brasil	16
IMAGEM 4 - Edifício Gustavo Capanema (antigo MESP), Rio de Janeiro	17
IMAGEM 5 - Brise Soleil by RAVAIOLI LEGNAMI	17
IMAGEM 6 - Cobogó esmaltado	18
IMAGEM 7 - Cobogó de vidro	18
IMAGEM 8 - Cobogó em argila	18
IMAGEM 9 - Cobogó em área externa	18
IMAGEM 10 - Design de Superfícies	26
IMAGEM 11 - Tijolos ecológicos	27
IMAGEM 12 - Tijolos ecológicos	27
IMAGEM 13 - Resíduos de obras: pó de serra	28
IMAGEM 14 - Materiais do Solo-cimento	29
IMAGEM 15 - Módulo com moldura em cerâmica	30
IMAGEM 16 - Módulo com moldura em cerâmica	30
IMAGEM 17 - Módulo sólido	30
IMAGEM 18 - Módulo sólido	30
IMAGEM 19 - Módulos vazados em cerâmica	31
IMAGEM 20 - Módulo	34
IMAGEM 21 - Padrão visual	34
IMAGEM 22 - Supermódulo	34
IMAGEM 23 - Padrão visual	34
IMAGEM 24 - Formato composto	35
IMAGEM 25 - Repetição	35
IMAGEM 26 - Radiação	35
IMAGEM 27 - Gradação	35
IMAGEM 28 - Espelhamento	36
IMAGEM 29 - Similaridade	36
IMAGEM 30 - Rotação	36
IMAGEM 31 - Malha em A4	38

IMAGEM 32 - Módulos a mão livre	38
IMAGEM 33 - Módulos a mão livre	39
IMAGEM 34 - Módulos a mão livre	39
IMAGEM 35 - Módulos a mão livre	40
IMAGEM 36 - Módulos desenvolvidos digitalmente	40
IMAGEM 37 - Módulos desenvolvidos digitalmente	41
IMAGEM 38 - Módulos desenvolvidos digitalmente	41
IMAGEM 39 - Plano cartesiano	43
IMAGEM 40 - Plano cartesiano	43
IMAGEM 41 - Módulos	44
IMAGEM 42 - Módulos	45
IMAGEM 43 - Módulos	46
IMAGEM 44 - Módulos	47
IMAGEM 45 - Módulos	48
IMAGEM 46 - Módulos com moldura	48
IMAGEM 47 - Módulos com moldura	49
IMAGEM 48 - Módulos com moldura	50
IMAGEM 49 - Módulos com moldura	51
IMAGEM 50 - Módulos com moldura	52
IMAGEM 51 - Supermódulos criados a partir do plano cartesiano	53
IMAGEM 52 - Supermódulos criados a partir do plano cartesiano	54
IMAGEM 53 - Supermódulos criados a partir do plano cartesiano	55
IMAGEM 54 - Supermódulos criados a partir do plano cartesiano	56
IMAGEM 55 - Mockups em sabão em barra	62
IMAGEM 56 - Mockups em sabão em barra	63
IMAGEM 57 - Mockups em sabão em barra	63
IMAGEM 58 - Mockups em sabão em barra	64
IMAGEM 59 - Mockups em sabão em barra	64
IMAGEM 60 - Mockups em sabão em barra	65
IMAGEM 61 - Estudo das faces no Illustrator	66
IMAGEM 62 - Estudo das faces no Illustrator	67
IMAGEM 63 - Estudo das faces no Illustrator	67
IMAGEM 64 - Estudo das faces no Illustrator	67
IMAGEM 65 - Estudo das faces no Illustrator	68

IMAGEM 66 - Modelo de isopor em tamanho real	69
IMAGEM 67 - Modelo de isopor em tamanho real	69
IMAGEM 68 - Modelo de isopor em tamanho real	69
IMAGEM 69 - Modelo de isopor em tamanho real	69
IMAGEM 70 - Painel com elemento vazado definido	70
IMAGEM 71 - Elementos vazados desenvolvidos	70
IMAGEM 72 - Painéis compositivos do elemento vazado	71
IMAGEM 73 - Painéis compositivos do elemento vazado	72
IMAGEM 74 - Painéis compositivos do elemento vazado	73
IMAGEM 75 - Painéis compositivos do elemento vazado	74
IMAGEM 76 - Elemento vazado	76
IMAGEM 77 - Máquina manual para fabricação de elementos em solo-cimento	79
IMAGEM 78 - Pigmento em pó amarelo (pó xadrez)	81
IMAGEM 79 - Solo-cimento	81
IMAGEM 80 - Solo-cimento com pigmento amarelo	81
IMAGEM 81 - Corpos de prova sendo prensados	81
IMAGEM 82 - Molde com pigmento amarelo x molde sem pigmento amarelo	81
IMAGEM 83 - Módulo sem pigmento x módulo com pigmento	81
IMAGEM 84 - Pigmento em pó azul	82
IMAGEM 85 - Solo-cimento com pigmento azul	82
IMAGEM 86 - Solo-cimento com pigmento e água	82
IMAGEM 87 - Pigmento em pó verde	82
IMAGEM 88 - Solo-cimento com pigmento verde	82
IMAGEM 89 - Solo-cimento com pigmento e água	82
IMAGEM 90 - Moldes com material azul e verde	83
IMAGEM 91 - Solo-cimento com pigmento verde	83
IMAGEM 92 - Solo-cimento com pigmento azul	83
IMAGEM 93 - Solo-cimento prensado	84
IMAGEM 94 - Prensa manual do solo-cimento	84
IMAGEM 95 - Supermódulo	84
IMAGEM 96 - Aplicação do produto no ambiente	85
IMAGEM 97 - Aplicação do produto no ambiente	85
IMAGEM 98 - Produto com pigmento em pó azul	86
IMAGEM 99 - Aplicação do produto no ambiente	86



Considerações
iniciais

1 Considerações iniciais

Esta etapa inicial consiste em: apresentação do projeto, definição do tema abordado, oportunidade encontrada, objetivos a serem alcançados e justificativa da importância deste projeto.

1.1 Introdução

O presente relatório apresenta o estudo e desenvolvimento de um elemento em solo-cimento sustentável para a construção de painéis vazados, tanto de ambientes externos, quanto de ambientes internos.

Tendo como base o grande interesse que tive durante o curso, de projetos desenvolvidos dentro da própria Universidade Federal de Campina Grande, o início deste trabalho de conclusão foi dado na busca de estudos que estavam sendo feitos no Departamento de Engenharia de Materiais. A partir do que seria encontrado, caberia a mim, como estudante de Design, procurar uma nova aplicação ao material em questão, levando em conta seus requisitos. Em paralelo, já existia certo interesse em trabalhar com o Design de Superfícies, uma das áreas abordadas em nosso curso.

Ao descobrir o projeto de solo-cimento para tijolos ecológicos, desenvolvido pelos alunos do curso de Engenharia de Materiais, com auxílio do Professor Reginaldo Severo de Macedo, encontrou-se a oportunidade de aplicação deste material específico, em outro tipo de formato, já que, até então, os estudos eram voltados apenas para tijolos.

Em suma, o projeto consiste no desenvolvimento de um elemento vazado em solo-cimento com características sustentáveis, que permita uma variedade compositiva de um mesmo conjunto de módulos. Teve como base os princípios da modulação bidimensional e tridimensional propostos por Wucius Wong (2010), estudados nas disciplinas de Metodologia Visual Bi e Tridimensional e Design de Superfície, presentes na grade curricular do Curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande.

A grande questão a ser levada em conta neste relatório é que, os estudos do material utilizado, no Laboratório de caracterização dos materiais (LMT), foram acompanhados de perto por mim e que os mesmos continuam a ser feitos, tendo em vista que o material está em fase de experimento para melhorar cada vez mais o resultado final de sua aplicação. Meu papel como designer foi abordar questões ainda não estudadas pelos alunos de Engenharia de Materiais, como aplicação de cor e geração de novas formas, realizar estes testes e desenvolver o meu TCC em cima disso. Pude aproveitar esta oportunidade para adquirir conhecimento mas também repassar.

1.2 Elementos vazados

Elementos vazados, cuja principal função é a de possibilitar controle da iluminação e arejamento de ambientes através de suas aberturas, podem ser entendidos como módulos tridimensionais destinados a pactuar a outros elementos similares quanto ao encaixe, formando um conjunto homogêneo.

Segundo Ching e Binggeli (2006), “elemento vazado” é a unidade de alvenaria de concreto utilizada na arquitetura popular, com um desenho decorativo de aberturas transversais para passagem de ar e proteção contra luz solar.

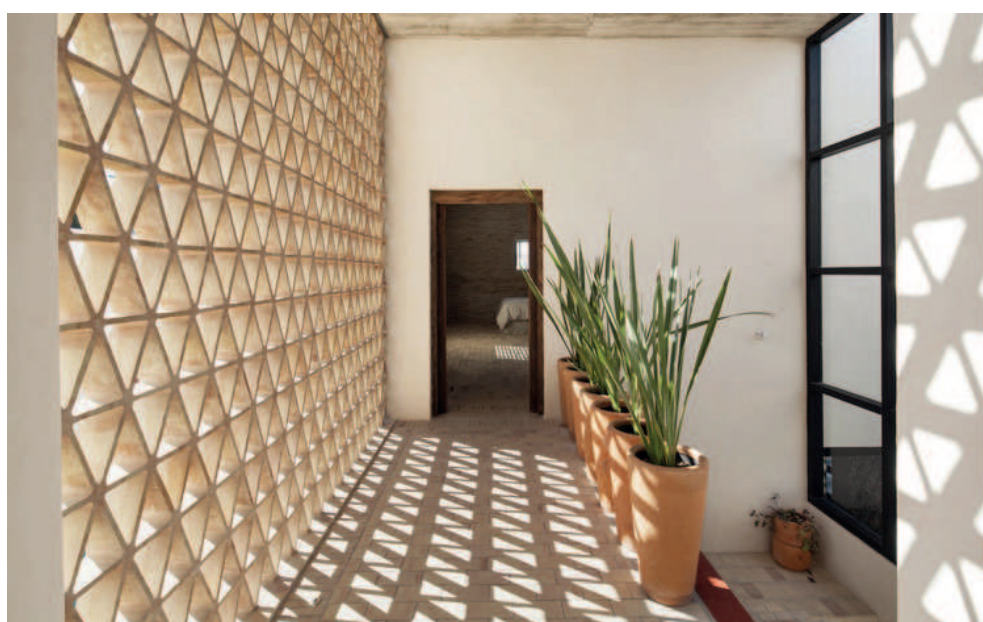


Figura 1: Obra Blanca Arquitectos, (Gabriela Villegas y Daniel Treviño) em Casa Iguana. Fonte: google.com/imagens



Figura 2: Three14 Architects em Cape Town, South Africa. Fonte: google.com/imagens

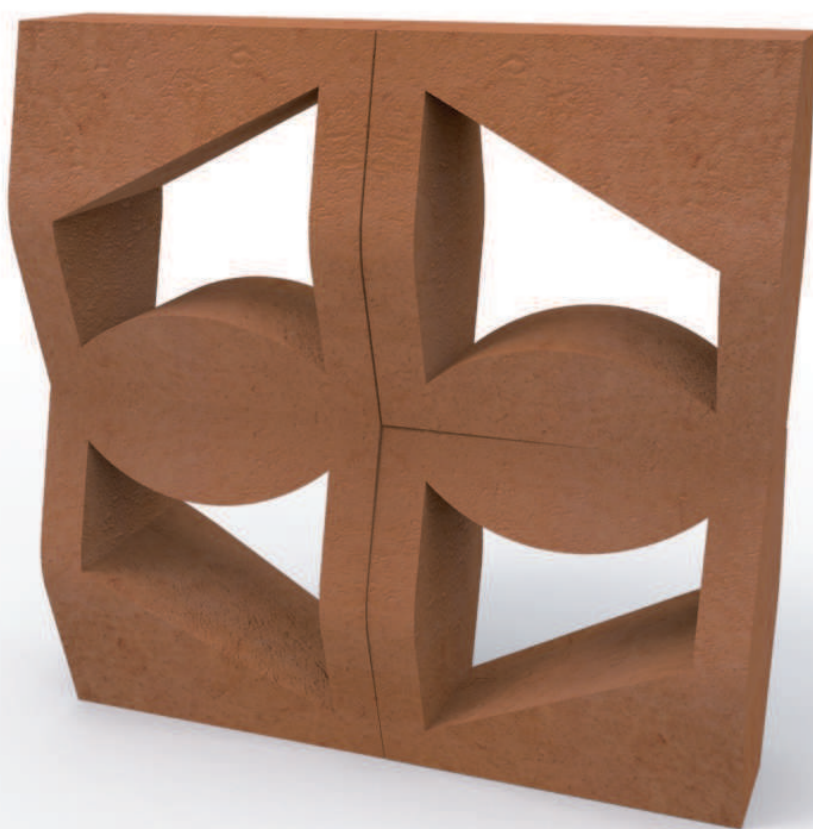
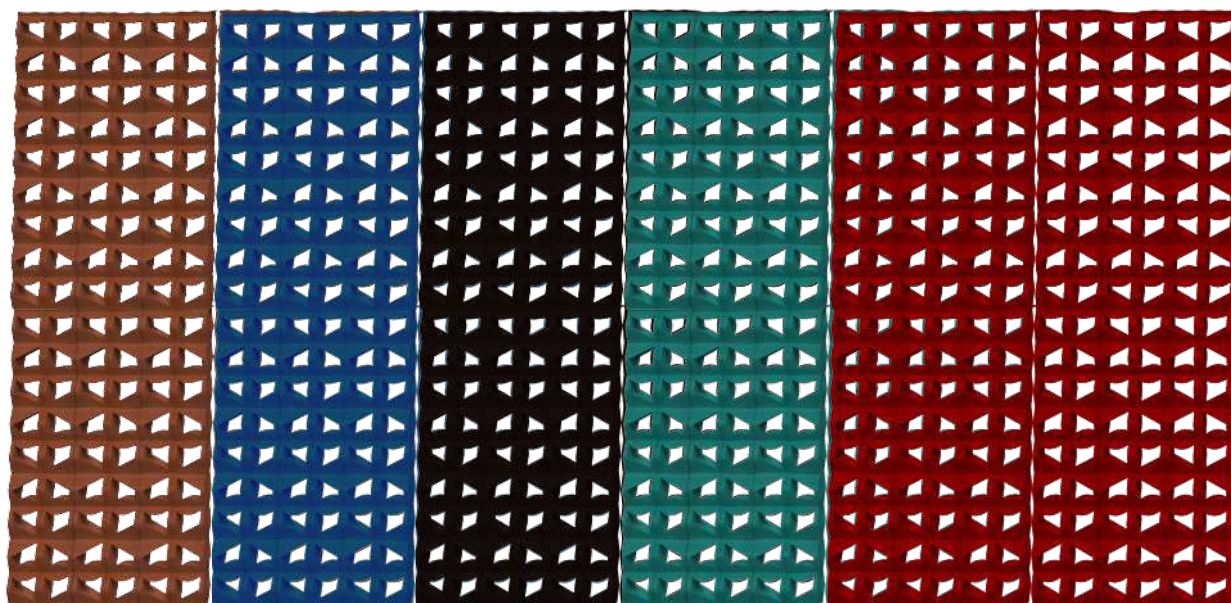


IMAGEM 100 - Produto com pigmento em pó preto	87
IMAGEM 101 - Aplicação do produto no ambiente	87
IMAGEM 102 - Produto com pigmento em pó verde	88
IMAGEM 103 - Aplicação do produto no ambiente	88
IMAGEM 104 - Produto com pigmento em pó vermelho	89
IMAGEM 105 - Aplicação do produto no ambiente	89

IMAGENS DO AUTOR:

Imagens 14, 20 à 76, 78 à 105.

1.2.1 Uso dos elementos vazados no Brasil

No Brasil, o uso de elementos vazados vem desde o período colonial, onde os Muxarabis (Mashrabiya), elementos da cultura árabe, desenvolvidos em madeira e utilizados para fechar janelas e sacadas, foram utilizados por colonizadores portugueses em edificações de um ou mais andares. Alguns outros elementos vazados que surgiram após os Muxarabis foram o Brise-sol, e o mais popular entre estes, o Cobogó (COSTA, 2012).

Devido às características climáticas e geográficas do Nordeste, estes elementos vazados são bastante utilizados nesta região, pois possibilitam a diminuição da sensação térmica durante os longos períodos de calor e permitindo um maior aproveitamento de luz natural.

MUXARABIS

O muxarabi, também chamado de “muxarabiê”, provém do termo árabe mashrabiya, e consiste em um elemento de fechamento parcial (elemento vazado), normalmente feito em madeira, que possibilita a entrada do ar livremente, enquanto o interior fica protegido da visão de quem está no lado de fora. De origem mourisca, é protegido em toda a altura da janela por uma treliça de madeira, tendo sido trazido pelos colonizadores ibéricos para a América Latina e Brasil; e podendo estar associado a gelosias e rótulas (PAULERT, 2012).



Figura 3: Muxarabis no Brasil. Fonte: [google.com/images](https://www.google.com/images)

BRISE-SOLEIL

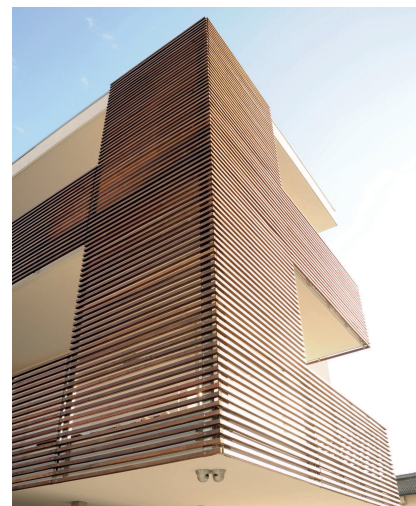
Apesar de mais conhecido como brise no Brasil, o brise-soleil provém do francês, cuja tradução literal seria quebra-sol, e é um elemento arquitetônico de uso externo, que serve como amparo para a incidência direta do sol antes que ela atinja a fachada. (PAULERT, 2012)

Na arquitetura brasileira, a aparição mais comum de brises são as moldadas em concreto ou argamassa armada, com lâminas horizontais, verticais ou combinadas – assim como cobogós e elementos vazados em cerâmica, muito comuns no início do modernismo no Brasil. A valorização desses dispositivos passou a caracterizar a arquitetura nacional com forte repercussão internacional, devido a influência de grandes nomes como Oscar Niemeyer, Rino Levi, Le Corbusier e outros arquitetos contemporâneos.

Figura 4: Edifício Gustavo Capane-
ma (antigo MESP), Rio de Janeiro.
Fonte: google.com/imagens



Figura 5: Brise Soleil by
RAVAIOLI LEGNAMÍ.
Fonte: google.com/imagens



COBOGÓ

Cobogó, ou combogó, é o nome dado, principalmente no Nordeste brasileiro, aos tijolos cerâmicos furados ou aos elementos vazados em concreto, empregados nas construções de paredes perfuradas, originalmente feitos de base cimentícia, cuja função principal é a de separar o interior do exterior, sem prejudicar a passagem natural da luz e ventilação, assim como os outros elementos apresentados acima. Popularizado na década de 60, era símbolo de requinte e elegância, além de um marco na arquitetura moderna brasileira.

A palavra COBOGÓ deriva das sílabas iniciais dos sobrenomes de três engenheiros que trabalharam em Pernambuco, especificamente em Recife e Olinda, e conjuntamente idealizaram estes módulos: Amadeu Oliveira Coimbra, Ernest August Boeckmann e Antônio de Góes (FERREIRA, 2004). Os mesmos registraram sua patente e o nome em 1929.



Figura 6: Cobogó esmaltado. Fonte: [google.com/imgs](https://www.google.com/imgs)



Figura 7: Cobogó de vidro. Fonte: [google.com/imgs](https://www.google.com/imgs)

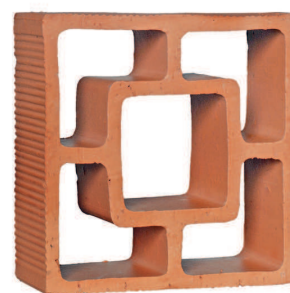


Figura 8: Cobogó em argila. Fonte: [google.com/imgs](https://www.google.com/imgs)



Figura 9: Cobogó em área externa. Fonte: [google.com/imgs](https://www.google.com/imgs)

1.3 Oportunidade

Discussões sobre o meio ambiente estão cada vez mais presentes dentro do Design e mesclar sustentabilidade com criatividade entrega ao profissional um duplo prestígio. Sendo ciente da importância desta discussão, surgiu a questão: “Onde podemos inovar neste produto?”

Os elementos vazados, que fazem parte tanto de espaços externos, quanto internos, e em diversas formas e acabamentos, possuem um apelo de design: sua característica modular, que permeia entre o bidimensional e tridimensional, permite uma imensidão de probabilidades compositivas e formas. Mas apesar disto, são poucos os estudos de um produto como este ganhando um cunho sustentável, mesmo sendo possível aplicar e mesclar o design de superfície bi e tridimensional com a sustentabilidade.

Levando em conta que a indústria da construção civil é conhecida como uma das alternativas mais relevantes para o desenvolvimento econômico e social, porém, em contrapartida, comporta-se como uma grande consumidora de recursos naturais, estes que geram grandes impactos ambientais.

A constante preocupação ambiental por parte do governo e dos setores privados tem aberto portas para técnicas menos agressivas ao meio ambiente, assim como a busca pela utilização de práticas sustentáveis que minimizem estes efeitos.

Após busca por projetos de materiais sustentáveis e/ou recicláveis dentro da própria Universidade Federal de Campina Grande, encontrou-se no departamento de Engenharia de Materiais um estudo realizado pelo Professor Reginaldo Severo de Macedo, que aproveita resíduos de obras, especificamente o pó de serra, juntamente com o cimento e a argila, e cria um tijolo ecologicamente mais viável, além de não usar da queima no ato de produção, que é prejudicial ao meio ambiente. Tendo este projeto e material sustentável disponível para aplicação em novos produtos, surgiu uma oportunidade a ser trabalhada, dentro da necessidade de estudos mais ecológicos para com tais elementos vazados.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver elementos vazados fabricados em solo-cimento sustentável para ambientes internos e externos, que permita variedade de composições.

1.4.2 Objetivos específicos

- Gerar estudos que apresentem grande variação de composições;
- Aplicar neste tipo de produto um material com enfoque sustentável;
- Possuir variação da forma em ambos os lados;
- Possibilitar ventilação e luminosidade se aplicados em ambientes internos.

1.5 Justificativa

Sabendo que estes elementos vazados possuem uma infinidade de possibilidades compositivas, e que estudos ecológicos são pouco explorados neste tipo de produto, reunir estes dois fatores resulta numa oportunidade para o designer em seu papel de facilitador, direcionador e intermediador, de captar dois aspectos e transformar numa proposta de solução a ser desenvolvida.

O Design além de poder ter um cunho ecológico, pode incrementar a seus produtos um novo perfil que se enquadra diretamente em ações com caráter ambientalmente correto e sustentável, fatores importantes e que por si só justificam pesquisas e aplicações de novos materiais em produtos já existentes no mercado.

Podemos ainda afirmar que outro fator levado em questão foi o de conciliar projetos de outras áreas de conhecimento, existentes dentro da própria Universidade Federal de Campina Grande, como o solo-cimento sustentável.

Do ponto de vista sustentável, uma das grandes vantagens dos tijolos feitos em solo-cimento é a não necessidade de utilização do processo de queima, ao qual são consumidas volumosas quantidades de madeira ou de outros combustíveis, como é o caso dos tijolos tradicionais. Outra grande vantagem é a capacidade de incorporar a ele outros materiais, incluindo rejeitos industriais e agregados produzidos com entulho reciclado.

Desta forma, surge o estudo de produção de módulos em solo-cimento, a fim de utilizar este novo material para um tipo diferente de produto, incorporando uma solução técnica para reduzir os impactos ambientais provenientes da inadequada destinação final dos resíduos de obras.



Metodologia

2 Metodologia

2.1 Metodologia visual

Este projeto foi desenvolvido com base na metodologia de Wucius Wong (2010), de geração de formas e propostas de soluções, com abordagem da expressão intuitiva da criação visual.

Quando esboçamos ou projetamos algo, o conteúdo visual deste trabalho é composto por uma série de elementos visuais, que representam a substância básica daquilo que vemos. A linguagem visual constitui a base da criação do Design. Existem princípios, fundamentos ou conceitos, relacionados à organização visual, que podem resolver situações na realização de um projeto.

Podemos criar reconhecendo previamente os específicos problemas que precisam ser tratados. Quando definimos os parâmetros e limites, analisamos situações, consideramos todas as opções disponíveis, escolhemos os elementos para síntese e tentamos propor as soluções mais apropriadas, esta é a abordagem intelectual. Esta abordagem requer um raciocínio sistemático que deve estar presente em todas as decisões visuais (WONG, 2010).

2.2 Etapas

O projeto foi desenvolvido em quatro etapas que foram realizadas, em alguns momentos, simultaneamente, tendo em vista que algumas decisões alteravam o resultado do projeto e por isso, era necessário que todas as etapas já realizadas sofressem modificações.

2.2.1 Etapa 1: Levantamento de dados

- Análises sobre o material utilizado no desenvolvimento do elemento vazado;
- Análises sobre módulos cimentícios.

2.2.2 Etapa 2: Estudos da forma e do material

- Geração de módulos bidimensionais;
- Estudo dos princípios adotados para a construção das composições;
- Variação dos módulos selecionados;
- Confeção dos corpos de prova com solo-cimento.

2.2.3 Etapa 3: Estudos tridimensionais

- Estudos com auxílio digital;
- Estudos volumétricos (mockups);
- Refinamento do módulo escolhido;
- Geração de painéis compositivos com o módulo escolhido.

2.2.4 Etapa 4: Detalhamento final do projeto

- Criação do modelo final;
- Desenho técnico com especificações;
- Recomendações e considerações finais sobre o produto e projeto.



Levantamento e
análise de dados

3 Levantamento e análise de dados

3.1 Design de superfície

Dentre as várias áreas e especialidades do design, o design de superfície é aquele que projeta texturas bidimensionais e tridimensionais, atuando em projetos que fazem o tratamento através de composições envolvendo cores e formas.

Devemos compreender que qualquer superfície pode (e deve) receber um estudo direcionado com uma metodologia específica de projeto. Rubim (2010) ratifica dizendo que, além de poder ser aplicada em várias áreas do design, também se refere a design de revestimento, e para sua concepção, é necessária a utilização de técnicas específicas; o processo de criação deve desenvolver-se a partir de “pistas” oferecidas por referências visuais e não a partir de ideias, conceitos ou livres associações (THAMAY, 2015).

As superfícies são elementos delimitadores de forma, sendo assim, estão em toda parte, mas somente nos últimos anos têm sido reconhecidas como elementos projetivos independentes e de linguagem visual singular no contexto da evolução da cultura do design (RÜTHSCHILLING, 2008).

Procurou-se dentro desta área, produtos e aplicações que poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento do projeto. Após estudo, os elementos vazados (ou módulos) foram os escolhidos.

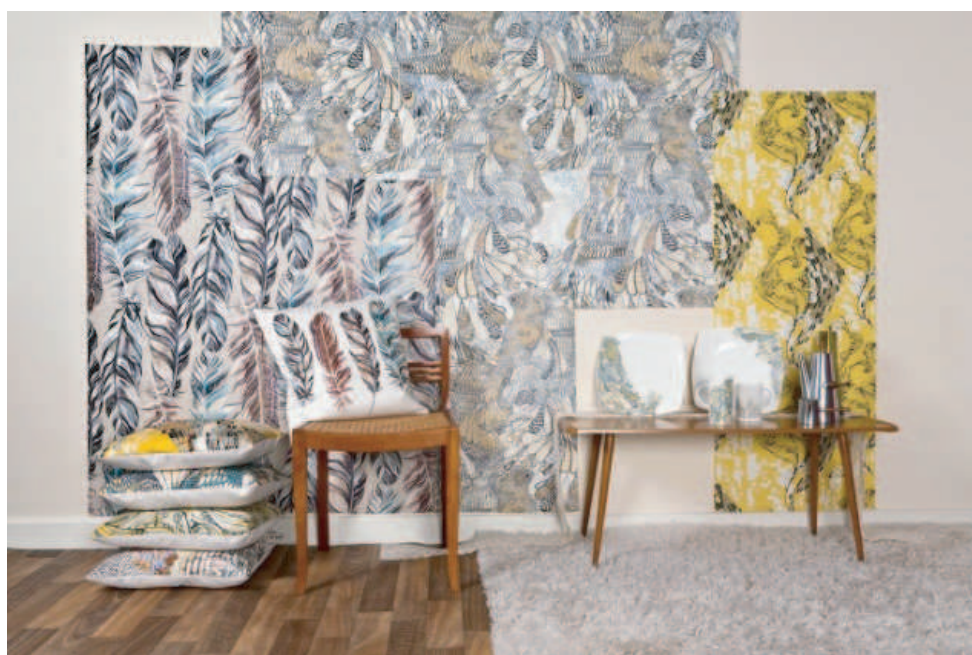


Figura 10: Design de Superfícies.
Fonte: [google.com/imagens](https://www.google.com/imagens)

3.2 Solo-cimento e tijolos ecológicos: uma alternativa sustentável

O solo-cimento surge como uma tecnologia desenvolvida a mais de cem anos, que se apresenta como alternativa aos materiais cerâmicos conhecidos, a fim de utilizar menos recursos naturais, materiais e energia. Segundo Souza (2006), os tijolos ecológicos, obtidos a partir da mistura de água, solo e cimento Portland, vem ganhando destaque entre os materiais de construção alternativos, devido as suas vantagens em relação aos tijolos convencionais, das quais são: maior conforto térmico e acústico, redução de desperdícios, melhores condições de trabalho e menor quantidade de entulho gerado.

Em relação às vantagens econômicas, temos que os tijolos ecológicos apresentam um menor custo de produção, devido ao fato dos equipamentos utilizados serem simples e de baixo custo, além de não necessitarem, obrigatoriamente, de mão de obra especializada para operar e a possibilidade de serem feitos no próprio canteiro de obras, reduzindo assim os custos com o transporte (SOUZA, 2006).

Outras duas grandes e importantes vantagens são: a eliminação do processo de queima durante a produção e a possibilidade de incorporar a ele outros materiais, incluindo rejeitos industriais e agregados produzidos com entulho reciclado.



Figura 11: Tijolos ecológicos.
Fonte: [google.com/imgens](https://www.google.com/imgens)



Figura 12: Tijolos ecológicos.
Fonte: [google.com/imgens](https://www.google.com/imgens)

3.2.1 Geração de resíduos

A indústria moveleira brasileira é uma grande geradora de subprodutos de madeira e tem apresentado um crescimento anual de 27,5% em relação à geração deste subproduto, onde em 1985 o volume dos resíduos era de 7.503.000 e passou a ser de 85.244.727 no ano de 2000 (IBPQ, 2002. p.92).

A geração desses resíduos é um efeito natural do processamento primário e secundário da madeira, causada pelo contato com as serras e durante o processo de acabamento (ROSÁRIO, 2011). O excesso na geração de resíduos de madeira devido ao seu baixo aproveitamento resulta em danos ambientais devido à inadequada destinação final, como por exemplo, a queima do pó de serra, que provoca problemas respiratórios e ambientais (BRASIL, 2009).

Enxergando esta situação, surge a oportunidade de estudo da incorporação da serragem de madeira ao tijolo ecológico, a fim de propor soluções técnicas para reduzir os impactos ambientais provenientes da inadequada destinação final deste material.



Figura 13: Resíduos de obras: pó de serra. Fonte: [google.-com/imagens](https://www.google.com/imagens)

3.2.2 Materiais para criação do tijolo ecológico

Os materiais necessários para criação dos tijolos ecológicos, que serão os mesmos a serem utilizados para os elementos vazados, são quatro:

3.2.2.1 Cimento

O cimento utilizado na composição de solo-cimento foi o cimento Portland composto (CP III), pois possui propriedades satisfatórias na confecção dos tijolos ecológicos, além de maior impermeabilidade e resistência a choques e intempéries.

3.2.2.2 Resíduo de serraria

A serragem de madeira foi o resíduo utilizado na composição de solo-cimento, a qual foi obtida em uma pequena serraria, situada em Campina Grande, PB. Em relação a serragem de madeira, é indicado a utilização das encontradas em obras ou serrarias, que em muitas das vezes, não possuem destino e viram entulho.

3.2.2.3 Solo (30% argila + 70% areia)

O solo utilizado na composição de solo-cimento foi coletado em uma indústria cerâmica, situada no município de Soledade, PB.

3.2.2.4 Água

A água utilizada deve ser potável, livre de material orgânico que possa entrar em decomposição, ocasionando na diminuição da vida útil do produto.



Figura 14: Materiais do Solo-cimento.

3.3 Características formais dos módulos cimentícios

3.3.1 Módulos com moldura

Este tipo de módulo possui uma moldura externa, que serve de apoio no assentamento das peças no ato da montagem do painel.



Figura 15: Módulo com moldura em cerâmica. Fonte: *manufatti.com.br*.



Figura 16: Módulo com moldura em cerâmica. Fonte: *manufatti.com.br*.

3.3.2 Módulos sólidos

Os módulos sólidos não possuem aberturas internas ou molduras. São blocos mais conhecidos como revestimento em alto relevo.



Figura 17: Módulo sólido. Fonte: *manufatti.com.br*.

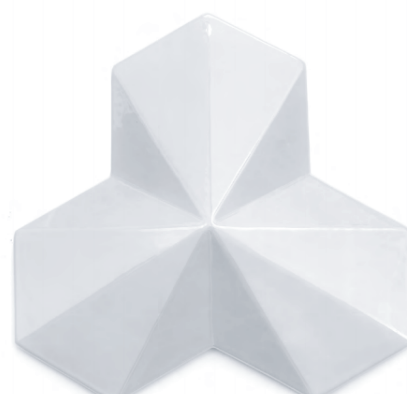


Figura 18: Módulo sólido. Fonte: *manufatti.com.br*.

3.3.3 Módulos vazados

Os módulos vazados possuem aberturas internas e não precisam de moldura externa. Sua ligação é feita a partir das superfícies análogas.



Figura 19: Módulos vazados em cerâmica.
Fonte: <http://www.depositopiloto.com.br/1.html>



Desenvolvimento

4 Desenvolvimento

4.1 Fase inicial do projeto: Diretrizes

Para dar início a geração de formas e toda a parte projetual, foram definidas diretrizes a serem seguidas, tanto para a composição formal, quanto para a produção do elemento vazado. Essas diretrizes possuem como base as análises realizadas em cima do material a ser aplicado e dos elementos já existentes, que dispõem de certos requisitos.

REQUISITOS

Possibilitar ventilação e luminosidade se aplicados em ambientes internos.

Os elementos devem ser resistentes a intempéries e choques.

Área de encaixe dos elementos vazados em composição deve ser suficiente para manter a estabilidade da composição.

Possuir variação de forma de ambos os lados.

Apresentar áreas de encaixes.

Possuir vazado que permita diferentes composições.

PARÂMETROS

Desenvolver elementos onde a área vazada possibilite passagem de luz e ar.

Utilizar cimento Portland, água potável e compressão e absorção da água de acordo com as normas NBR 8492.

Manter área de contato entre três e seis milímetros entre os elementos.

Gerar conceitos com união de formas, mesclando o lado frontal e posterior.

Possuir moldura maior que 4x4 centímetros em toda a borda da peça.

Produzir módulos com vazados assimétricos que permitam variações compositivas.

4.1.1 Procedimentos metodológicos visuais

Segundo Wong (2010), a linguagem visual constitui a base de criação de qualquer desenho, na qual são encontrados princípios, regras ou conceitos relacionados à organização de elementos específicos. Estes elementos podem ser gerados de quatro formas, que são: **Conceitual**, relacionada aos elementos que não existem na realidade, porém parecem estar presentes – ponto, linha, plano, volume; **Visual**, correspondente a aquilo que se pode ver de fato frente aos elementos conceituais – forma, tamanho, cor e textura; **Relacional**, referente à localização e às inter-relações entre os formatos do desenho – direção, posição, espaço e gravidade; e, finalmente **Prática**, relativa ao conteúdo e à extensão do desenho – representação, significado e função.

Para a análise realizada nesse estudo, foram considerados os elementos de ordem conceitual e visual.

4.1.2 Módulo e supermódulo

Entendemos como **módulo** uma unidade independente, com características que quando dispostos um a um formam um **padrão visual**.



Figura 20: Módulo.

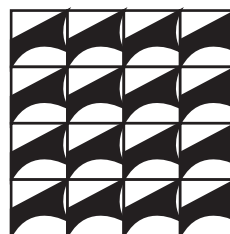


Figura 21: Padrão visual.

Tendo um módulo como base, o **supermódulo** é a união de vários módulos, representando uma só unidade, que quando unidas a outros supermódulos também geram um **padrão visual**.

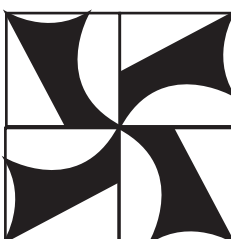


Figura 22: Supermódulo.

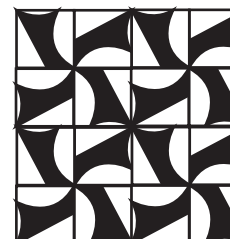


Figura 23: Padrão visual.

4.1.3 Princípios da forma

Formato composto: Um formato composto consiste em dois ou mais formatos em um processo que envolve adição, subtração, multiplicação ou até mesmo divisão.



Figura 24: Formato composto.

Repetição: Se usarmos a mesma forma mais de uma vez em um desenho, nós a usamos em repetição.

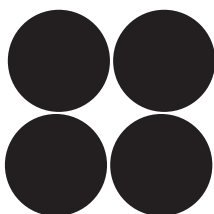


Figura 25: Repetição.

Radiação: A radiação ocorre quando há unidades de forma ou subdivisões estruturais repetidas que revolvem regularmente em torno de um centro comum. Pode ser considerado um caso específico de repetição.

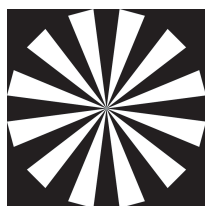


Figura 26: Radiação.
Fonte: google.com/imagens

Gradação: É basicamente a repetição de um módulo com alteração em seu tamanho e forma de maneira ordenada, ao qual normalmente leva a um ponto culminante ou a uma série de pontos culminantes.

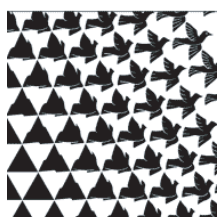


Figura 27: Gradação.
Fonte: google.com/imagens.

Espelhamento: Quando rebatemos uma forma, ou a repetimos seguindo um eixo imaginário, que corresponde a uma variação intercalada.

Figura 28: Espelhamento. Fonte: do autor.



Similaridade: Em uma composição que contém formatos repetidos segundo uma estrutura formal, o efeito de similaridade pode obtido por meio de variações aleatórias de tamanho, direção e atributos gerais, ou formatos individuais podem ser livremente manipulados para obter mudanças de formato.

Figura 29: Similaridade. Fonte: do autor.



Rotação: Padrão resultante da rotação sobre um mesmo eixo imaginário.

Figura 30: Rotação. Fonte: do autor.



4.1.4 Forma enquanto plano

Segundo Wong (2010), em uma superfície bidimensional, todas as formas planas que não são comumente reconhecidas como pontos ou linhas são formas enquanto plano.

Uma forma plana é limitada por linhas conceituais, as quais constituem as bordas da forma. As características destas linhas conceituais e suas inter-relações determinam o formato da forma plana. Essas, possuem variedade de formatos, que podem ser classificados como:

- Geométricos: Construídos matematicamente.

- Orgânicos: Limitados por curvas livres, sugerindo fluidez e crescimento.
- Retilíneos: Limitados por linhas retas que não se relacionam umas às outras matematicamente.
- Irregulares: Limitados por linhas retas e curvas que não se relacionam umas às outras matematicamente.
- Feitos à mão: Caligráficos ou criados à mão sem auxílio de instrumentos.
- Acidentais: Determinados pelo efeito de processos ou materiais especiais, ou obtidos acidentalmente.

4.1.5 Conclusão

Após analisar o método de geração de formas apresentado por Wong, decidiu-se que a criação dos módulos a serem estudados para geração do elemento vazado teria como base os princípios de forma bidimensional e tridimensional.

Concluiu-se que as categorias de linha e forma que mais se enquadravam no projeto seriam a geométrica, orgânica, retilínea e irregular. Os módulos foram estudados e desenvolvidos em cima destas propostas.

4.2 Segunda etapa: Módulos bidimensionais desenvolvidos

Tendo definido os princípios de forma a serem aplicados no estudo de módulos bidimensionais, partiu-se para a etapa de geração/criação. Nesta etapa, foram geradas formas baseadas na metodologia de Wong, utilizando os seguintes princípios de linhas e formas: geométricos, orgânicos, retilíneos e irregulares, além da repetição, espelhamento, gradação, similaridade e rotação.

Para o estudo, criou-se uma malha em tamanho A4, com blocos de 5.5 x 5.5

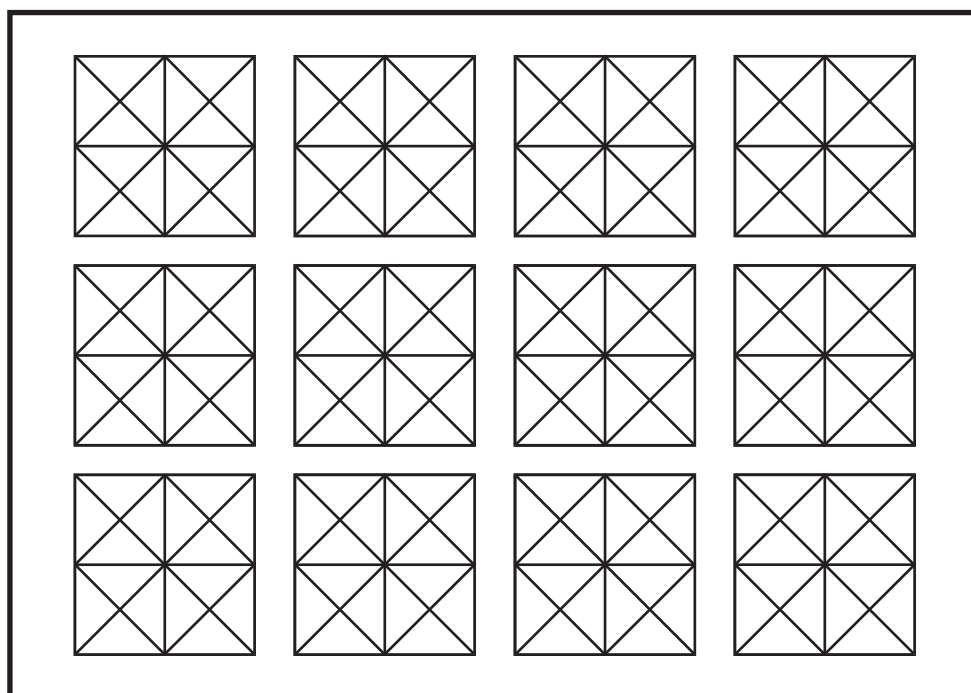


Figura 31: Malha em A4.

Nessa primeira etapa, sete pranchas foram feitas, sendo quatro delas a mão livre, enquanto as outras três foram desenvolvidas por auxílio do programa Illustrator, totalizando oitenta e quatro formas. A opção de gerar formas via software foi escolhida para uso, pois facilitava na geometrização e tornava o processo mais rápido, tendo em vista que as formas feitas a mão, teriam que ser vetorizadas em algum momento.

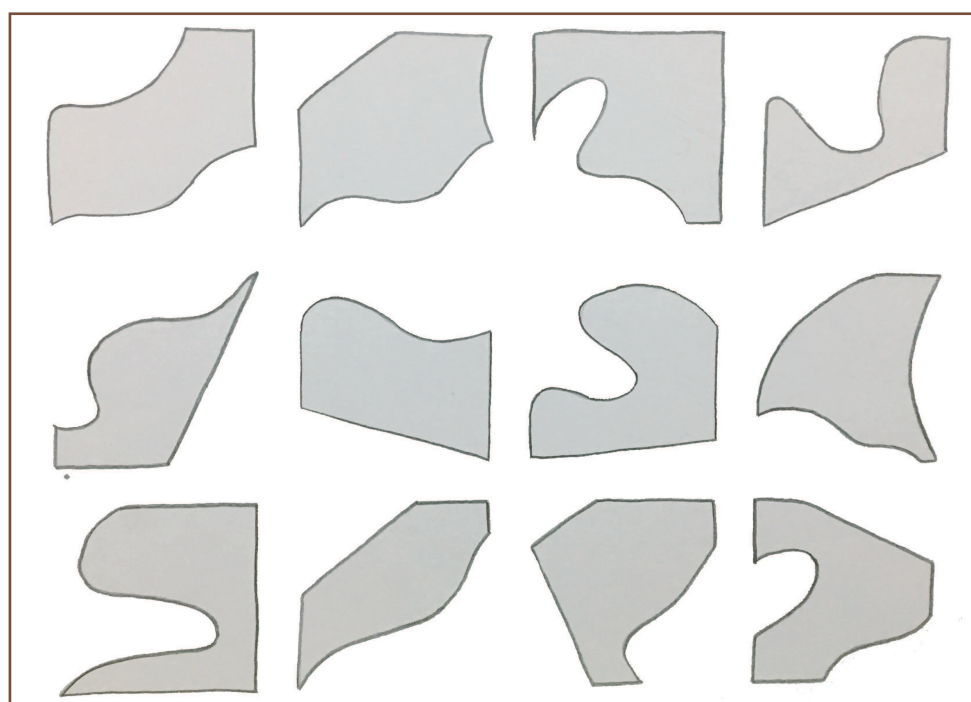


Figura 32: Módulos a mão livre.

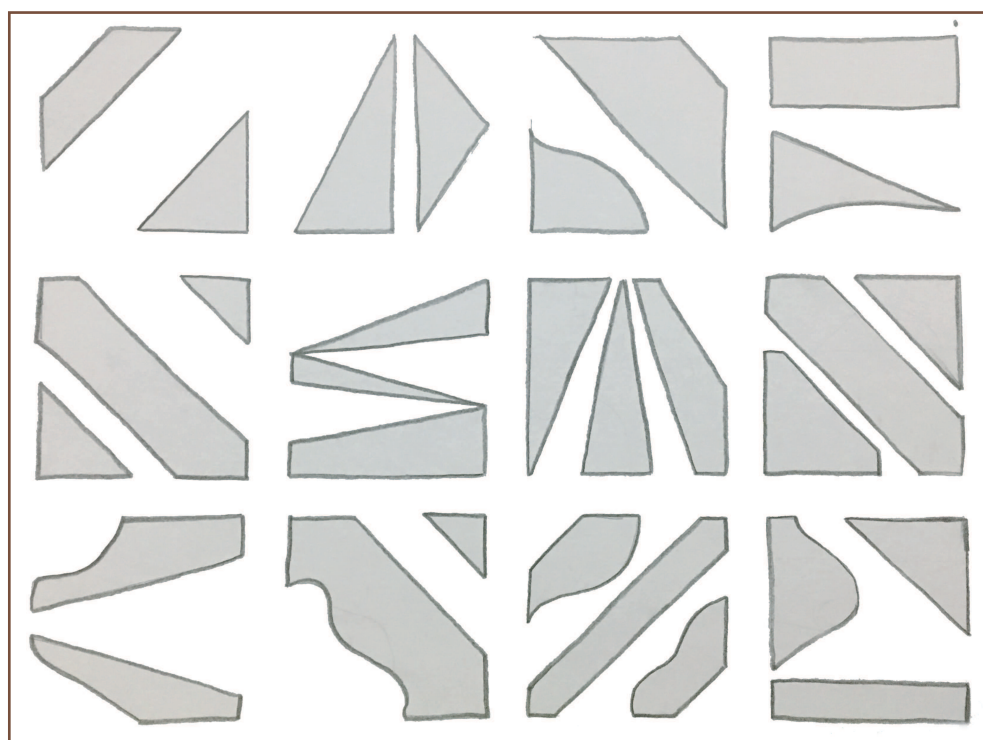


Figura 33: Módulos a mão livre.

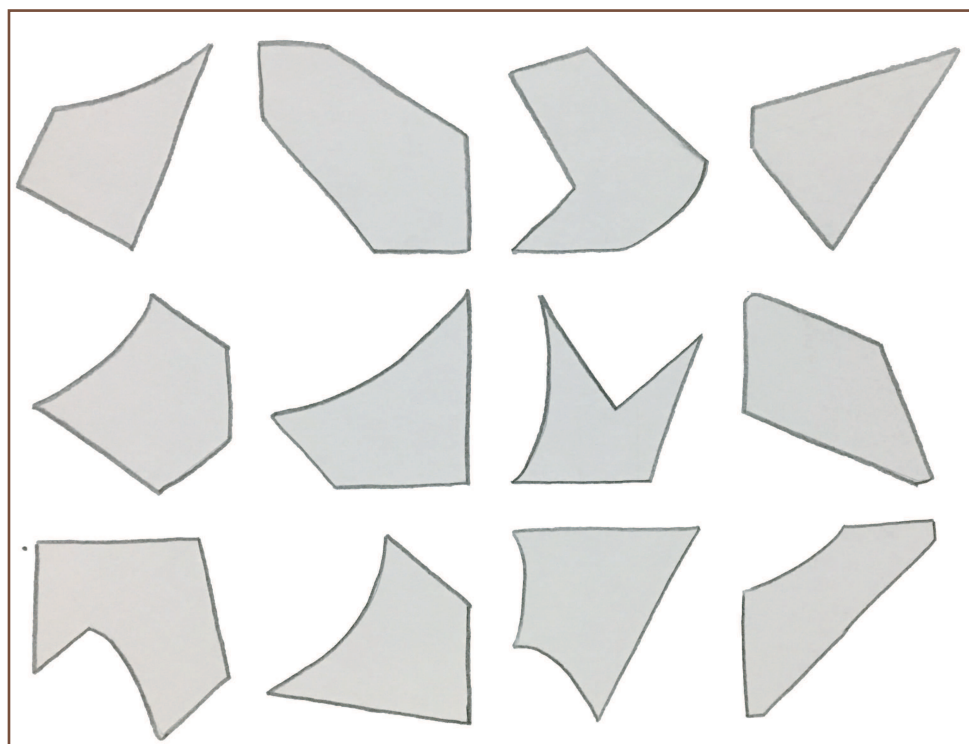


Figura 34: Módulos a mão livre.

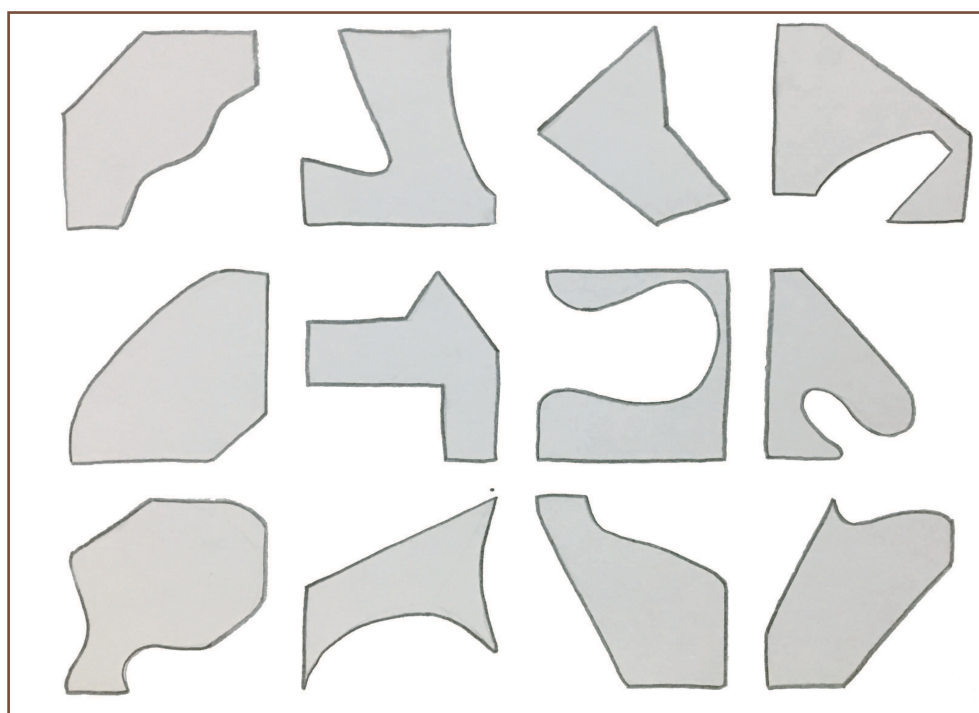


Figura 35: Módulos a mão livre.

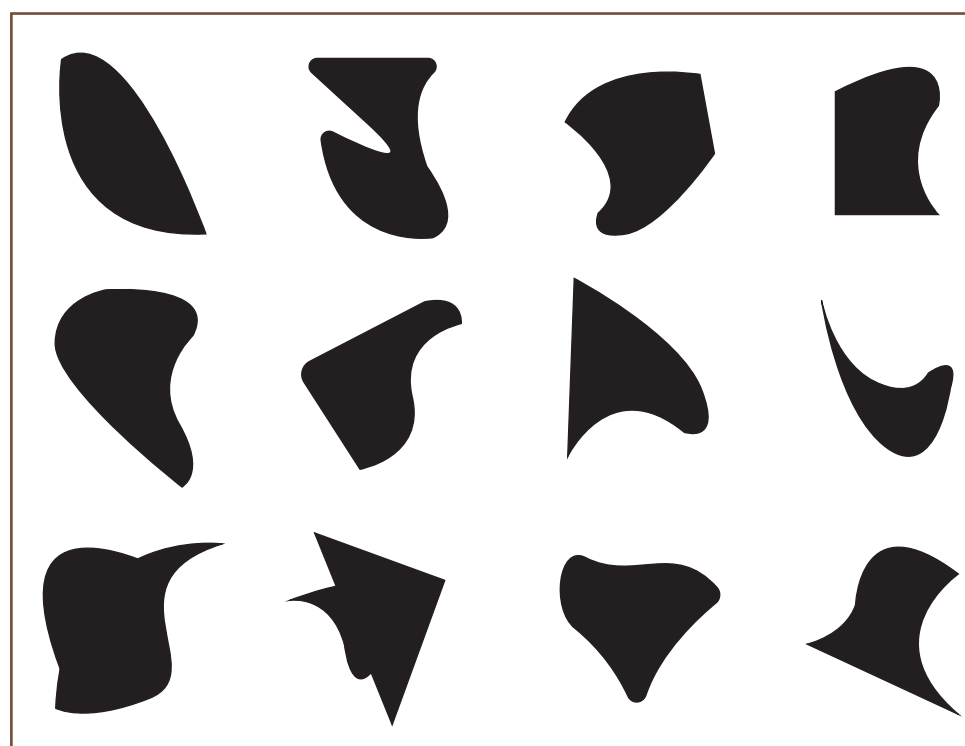


Figura 36: Módulos desenvolvidos digitalmente.

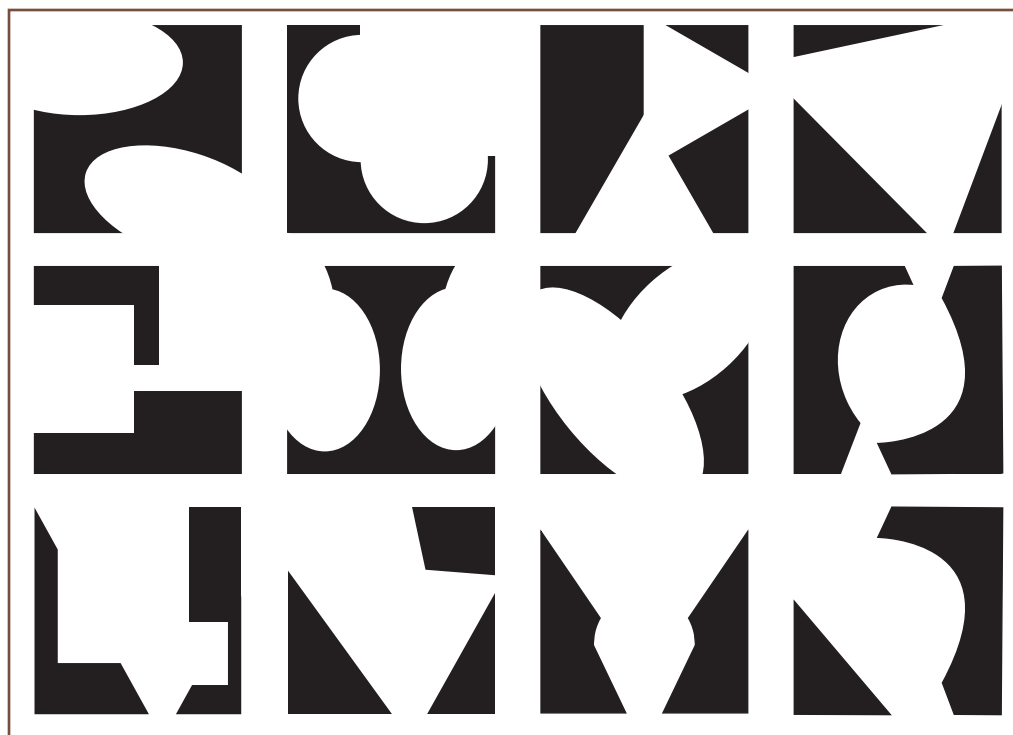


Figura 37: Módulos desarrollados digitalmente.

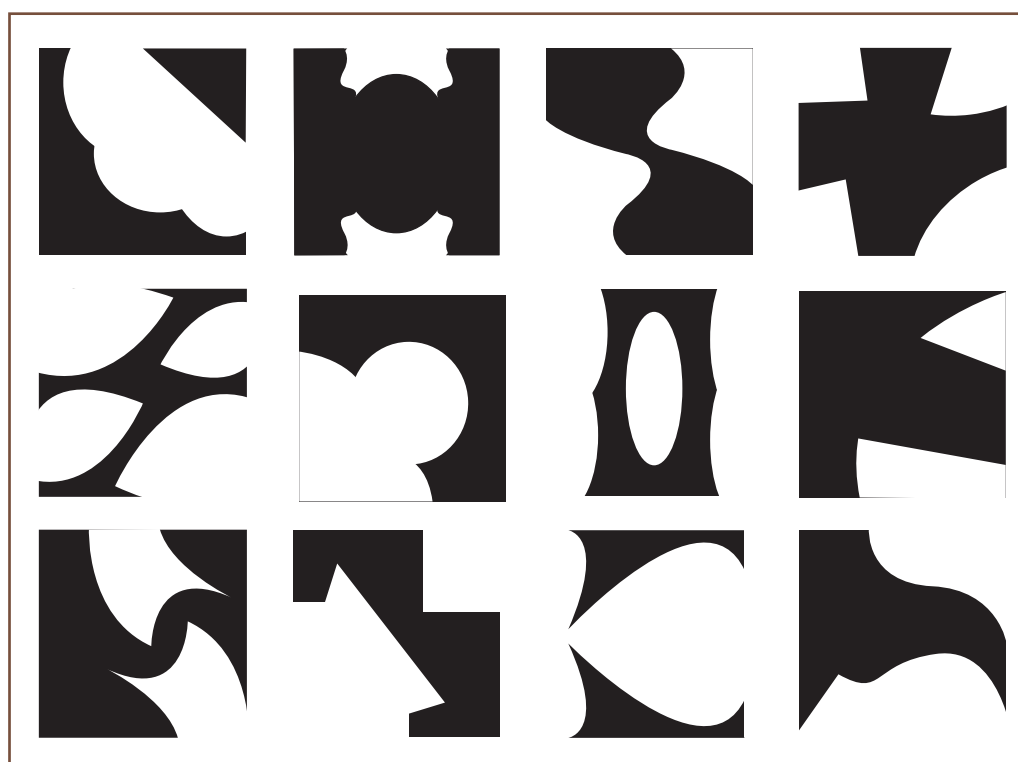
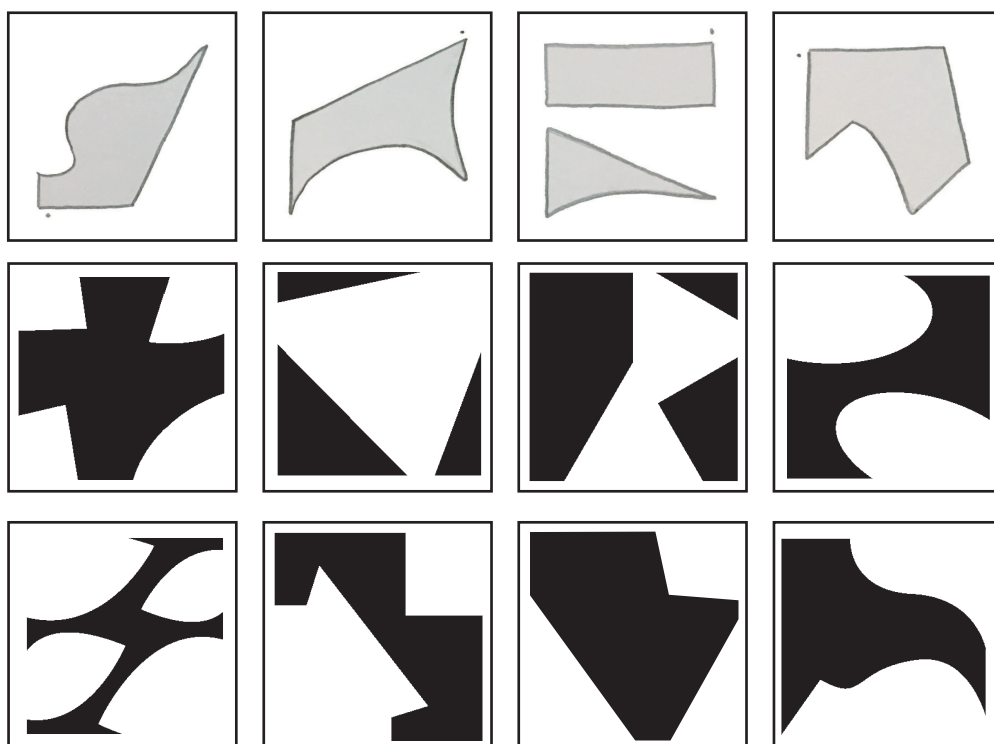


Figura 38: Módulos desarrollados digitalmente.

4.2.1 Módulos escolhidos

Para a escolha dos melhores módulos, levou-se em questão a possibilidade de estudos de composição. As formas que apresentaram uma melhor disposição para este estudo foram selecionadas.

Quatro das formas feitas manualmente e oito das formas feitas a partir do programa Adobe Illustrator foram selecionadas, tendo em vista que apresentavam uma forma que possibilitava a geração de painéis mais diversos.



4.2.2 Conclusão

O formato composto, onde formas geométricas e orgânicas eram dispostas a partir da adição, repetição ou subtração de outras, gerou formas com grandes possibilidades de composição.

8 dos 12 módulos selecionados possuíam formas compostas. Os 4 restantes usaram do princípio de formas orgânicas e geométricas.

4.3 Terceira etapa: Princípios adotados para a construção das composições

Para o estudo de composição das formas selecionados, utilizou-se o plano cartesiano, com alternância de módulos e rotação de 0, 90, 180 e 270 graus. Através do agrupamento de quatro módulos, é gerado um supermódulo e os estudos de supermódulos eram feitos com a repetição de quatro deles também, totalizando dezesseis módulos agregados.

Figura 39: Plano cartesiano.

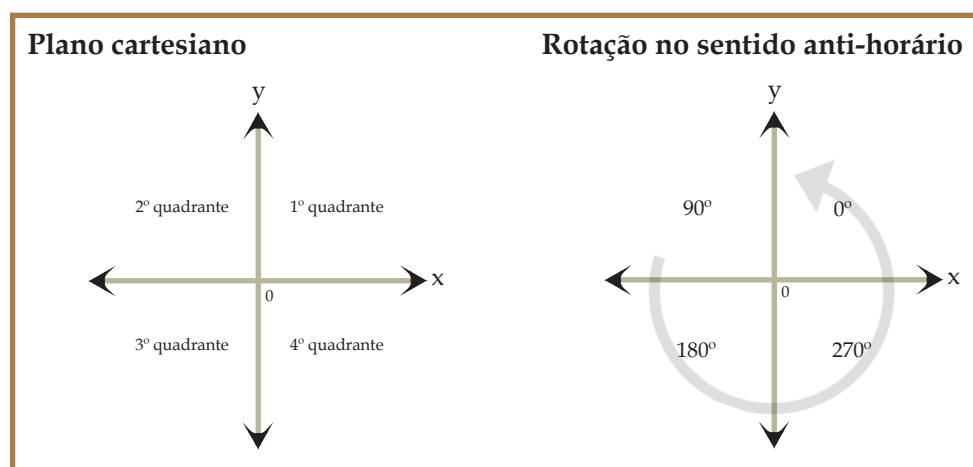
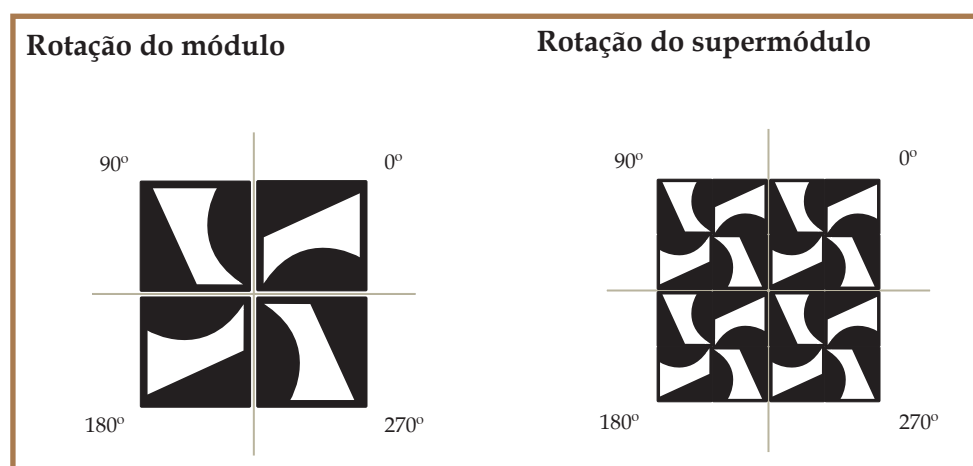


Figura 40: Plano cartesiano.



4.4 Quarta etapa: Composições com os módulos escolhidos

Nesta etapa, para cada módulo escolhido foi gerado um supermódulo e um painel com dezesseis peças, tendo como base o plano cartesiano no sentido anti-horário.

Com auxílio do Adobe Illustrator, as peças foram produzidas para escolha das melhores composições, e a partir disso, o desenvolvimento dos painéis e possíveis alterações para escolha do melhor conjunto.

Nesse estudo, notou-se que alguns módulos já davam indícios de inviabilidade, pois não possuíam áreas de grande contato entre uma peça e outra, o que provocaria instabilidade e fragilidade no painel. Outros, além de já apresentarem uma certa estabilidade (ainda não existia certeza da estabilidade, pois os estudos futuros é que iriam identificar isso), possuíam um conjunto de formas harmônico.

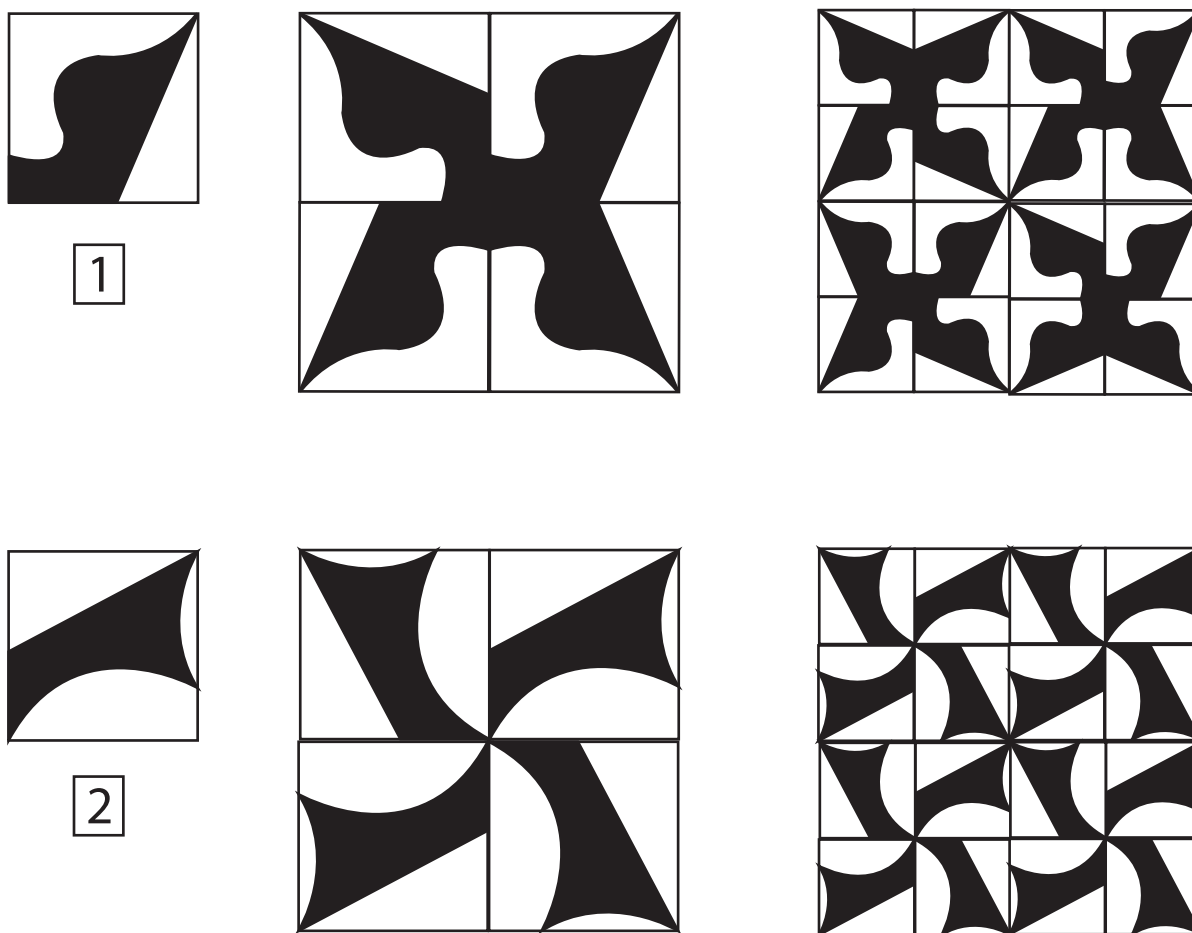
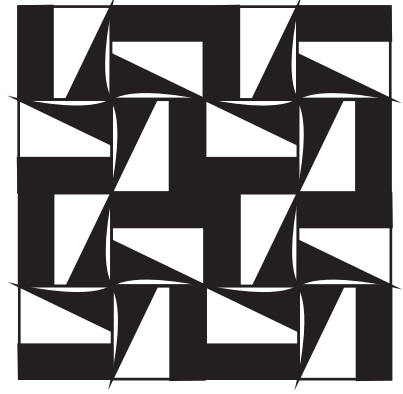


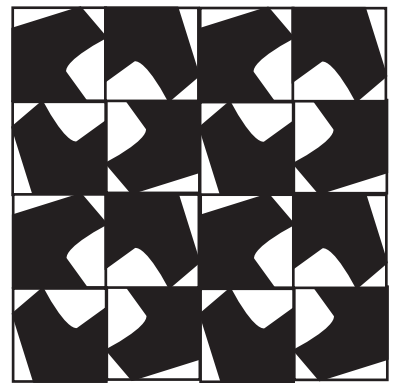
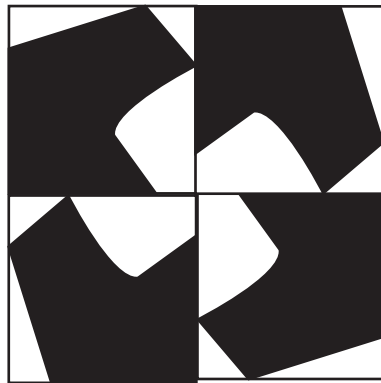
Figura 41: Módulos.



3



4



5

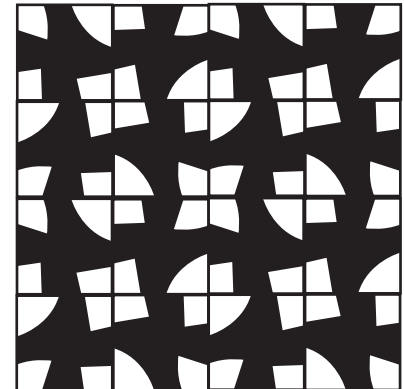
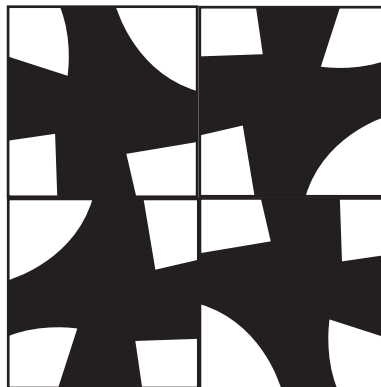
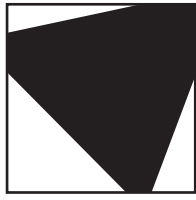
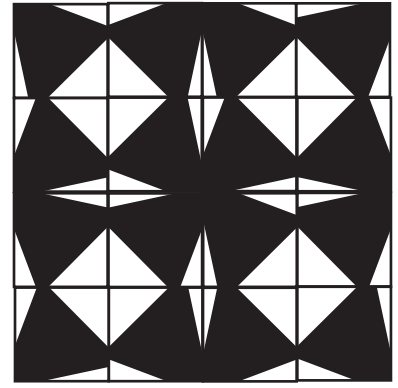
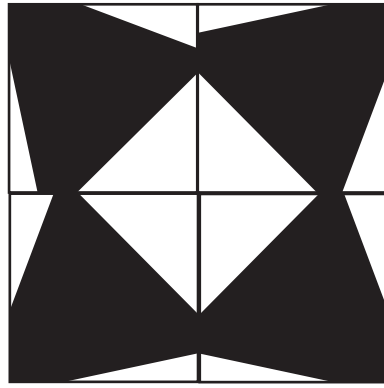


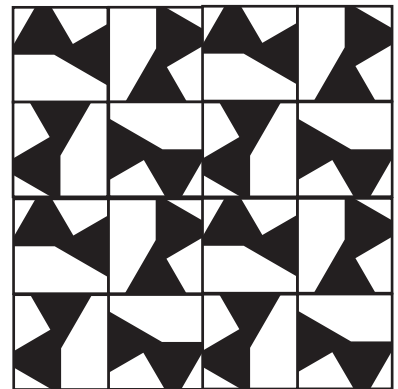
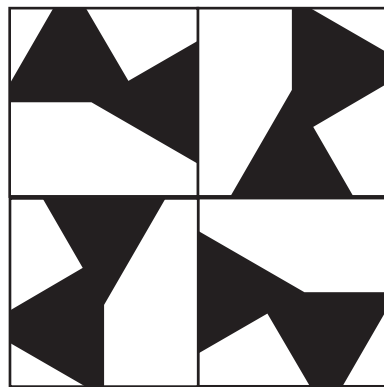
Figura 42: Módulos.



6



7



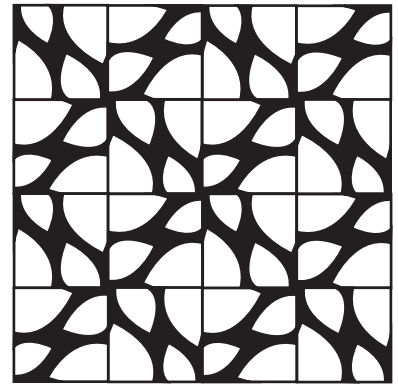
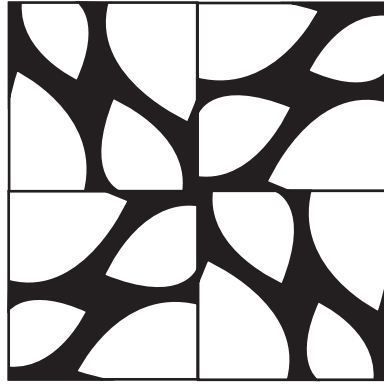
8



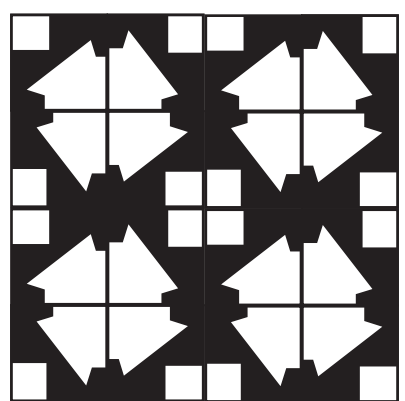
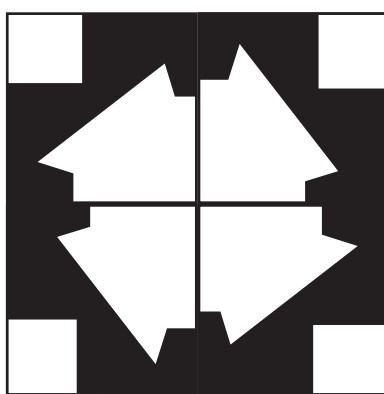
Figura 43: Módulos.



9



10



11

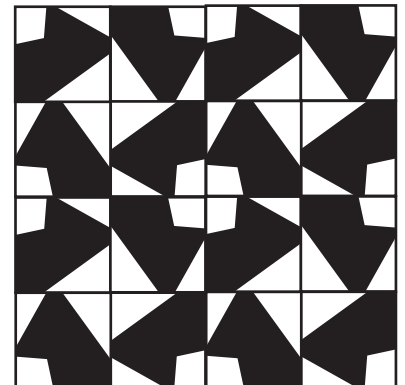
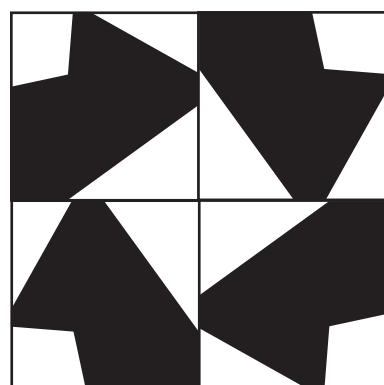


Figura 44: Módulos.



12

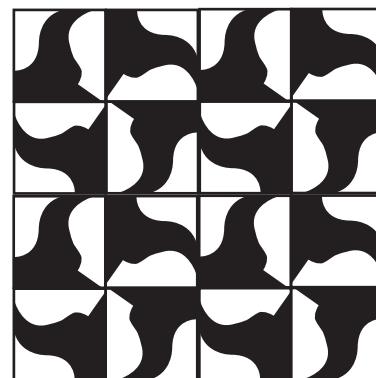
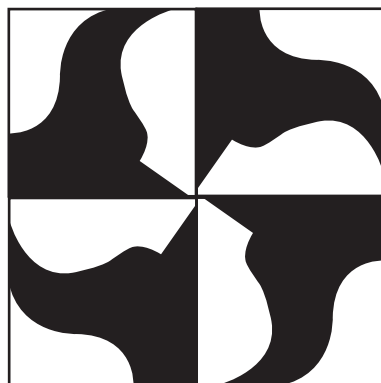


Figura 45: Módulos.

4.4.1 Alterações nos módulos

Após análise do material feito, foi necessário alterações nos módulos criados.

As alterações foram feitas pois foram identificadas falhas de construção nos módulos. Os mesmos não possuíam a moldura necessária para apoio no assentamento das peças. Sem esta moldura, as peças tornavam-se módulos sólidos, o que fugia da proposta inicial, a construção de um elemento vazado. Foi então que as formas geradas foram encaixadas dentro de uma moldura, e assim, o estudo de supermódulo e painel foi refeito por completo para continuidade do projeto.

Outro ponto analisado foi a espessura das bordas da moldura, pois em alguns módulos, esta espessura já mostrava que a peça teria problemas de fragilidade.



1



Figura 46: Módulos com moldura.

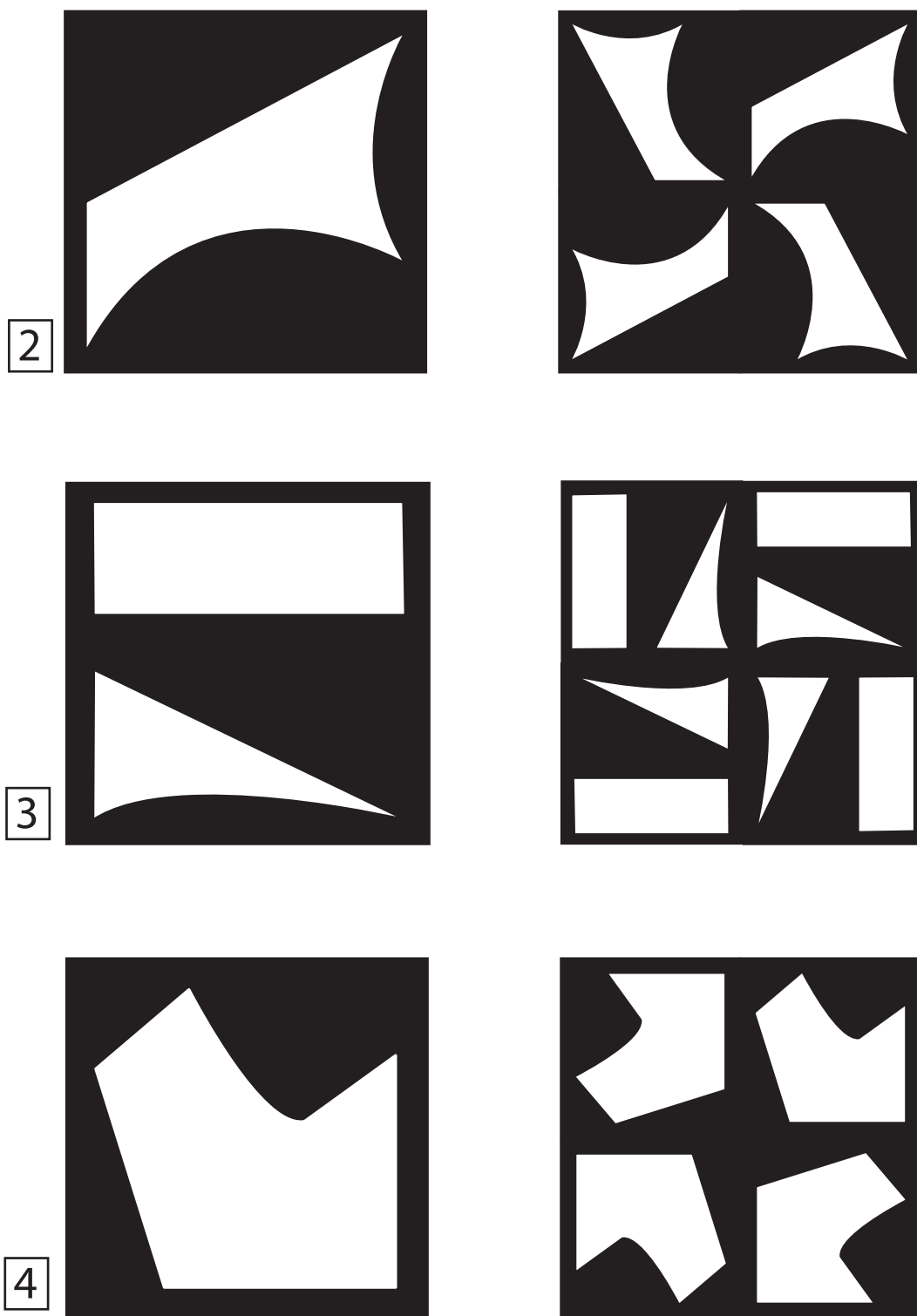


Figura 47: Módulos com moldura.

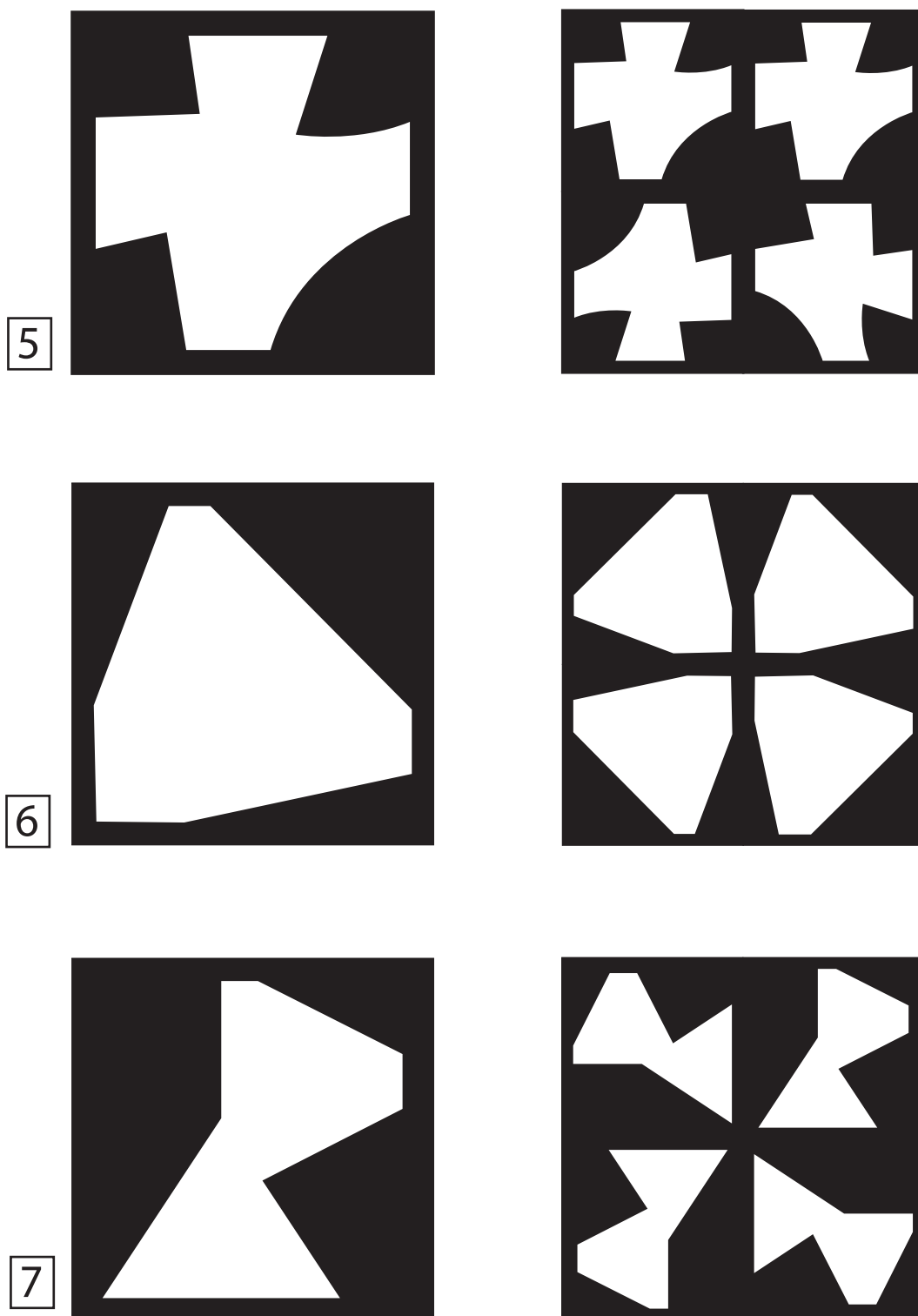


Figura 48: Módulos com moldura.

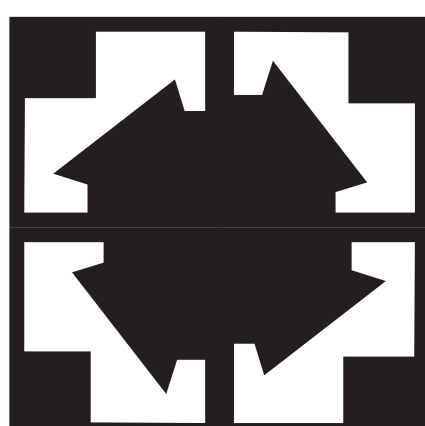
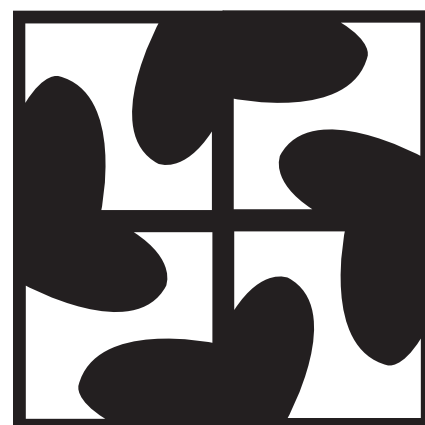


Figura 49: Módulos com moldura.

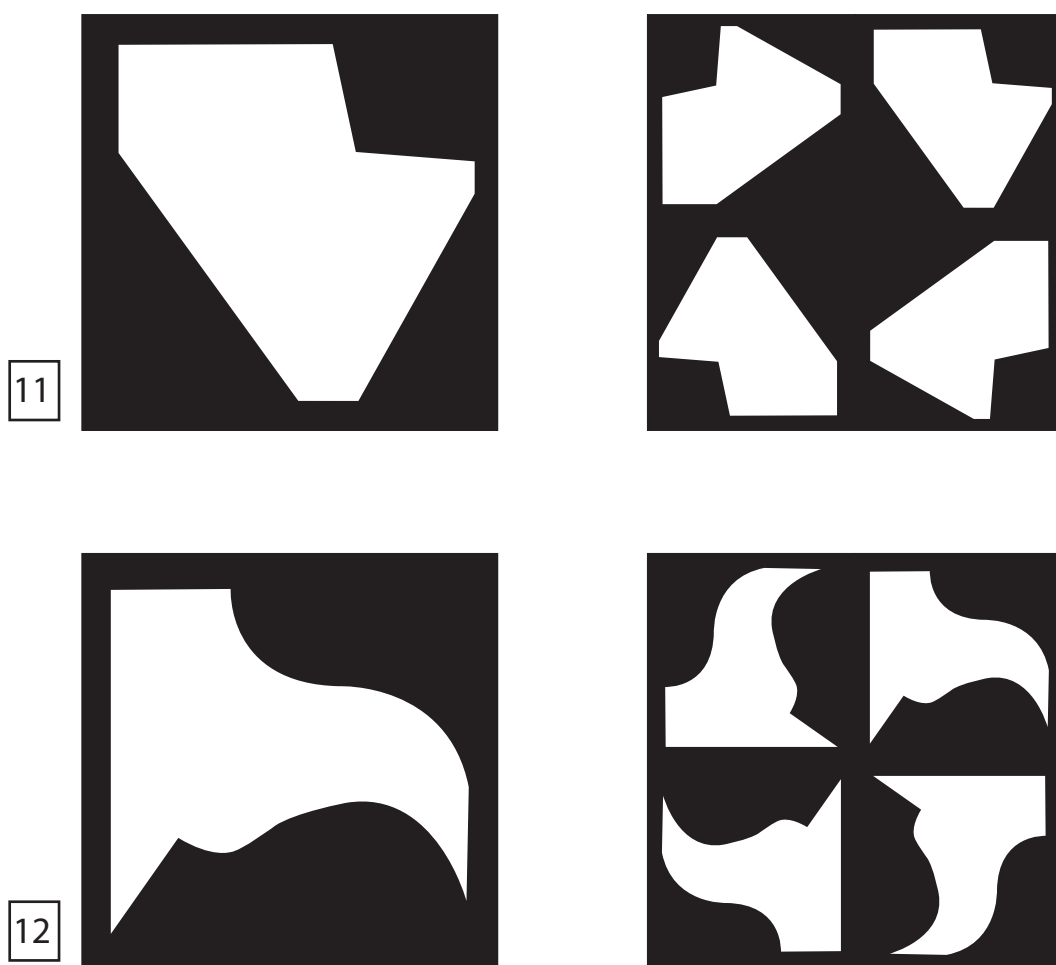


Figura 50: Módulos com moldura.

4.4.2 Estudo de composições

Após alterações nos módulos foi feito um estudo como critério de seleção para verificar quais módulos da etapa anterior poderiam gerar uma maior versatilidade de montagem.

O estudo consistia na criação de três supermódulos de cada módulo gerado, também usando o plano cartesiano. Os que apresentassem maior versatilidade seriam selecionados para etapa de refinamento.

Os supermódulos que possuissem poucas áreas de contato entre um módulo e outro seriam descartados, independente de se a composição criada fosse ou não harmônica.

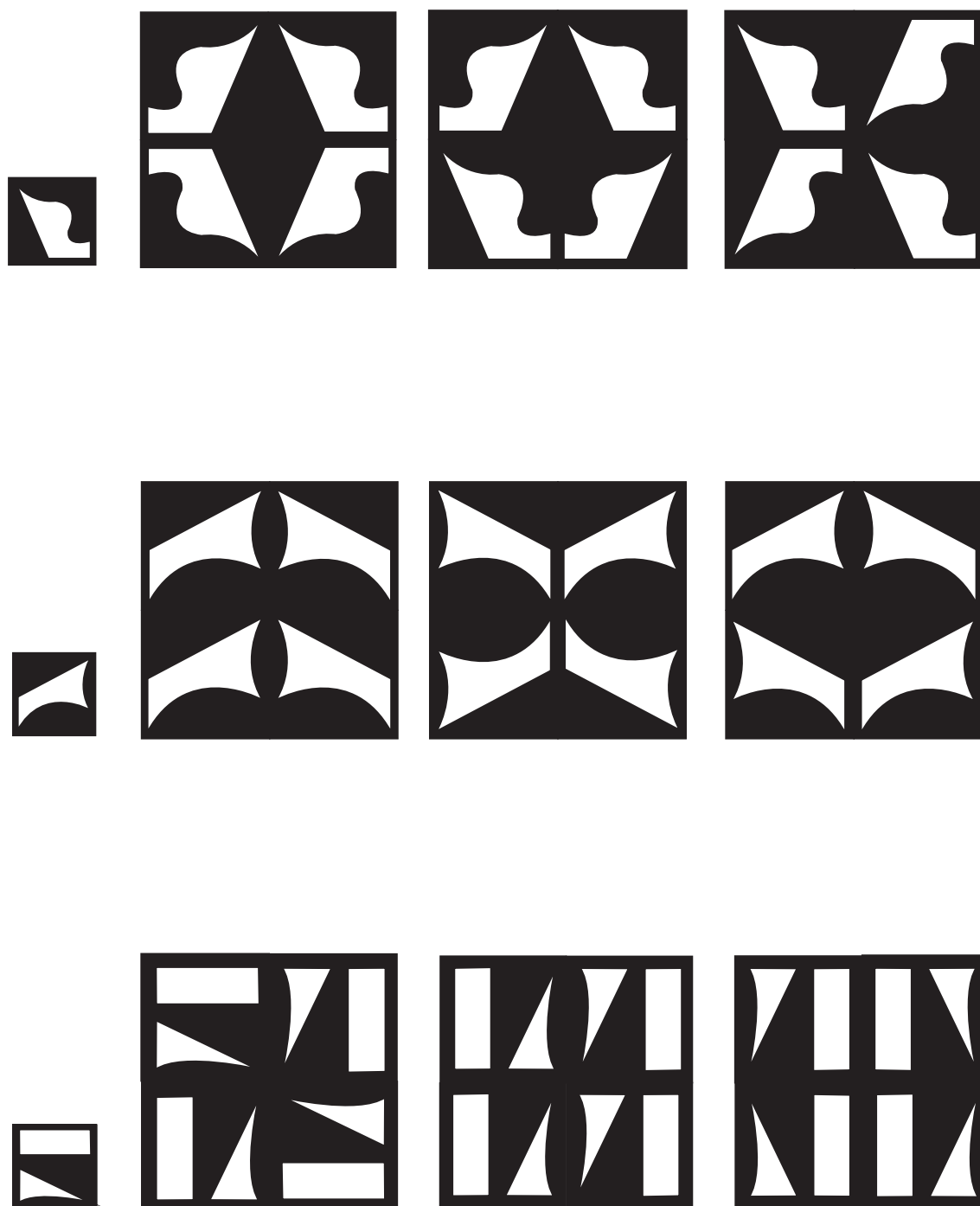


Figura 51: Supermódulos criados a partir do plano cartesiano.

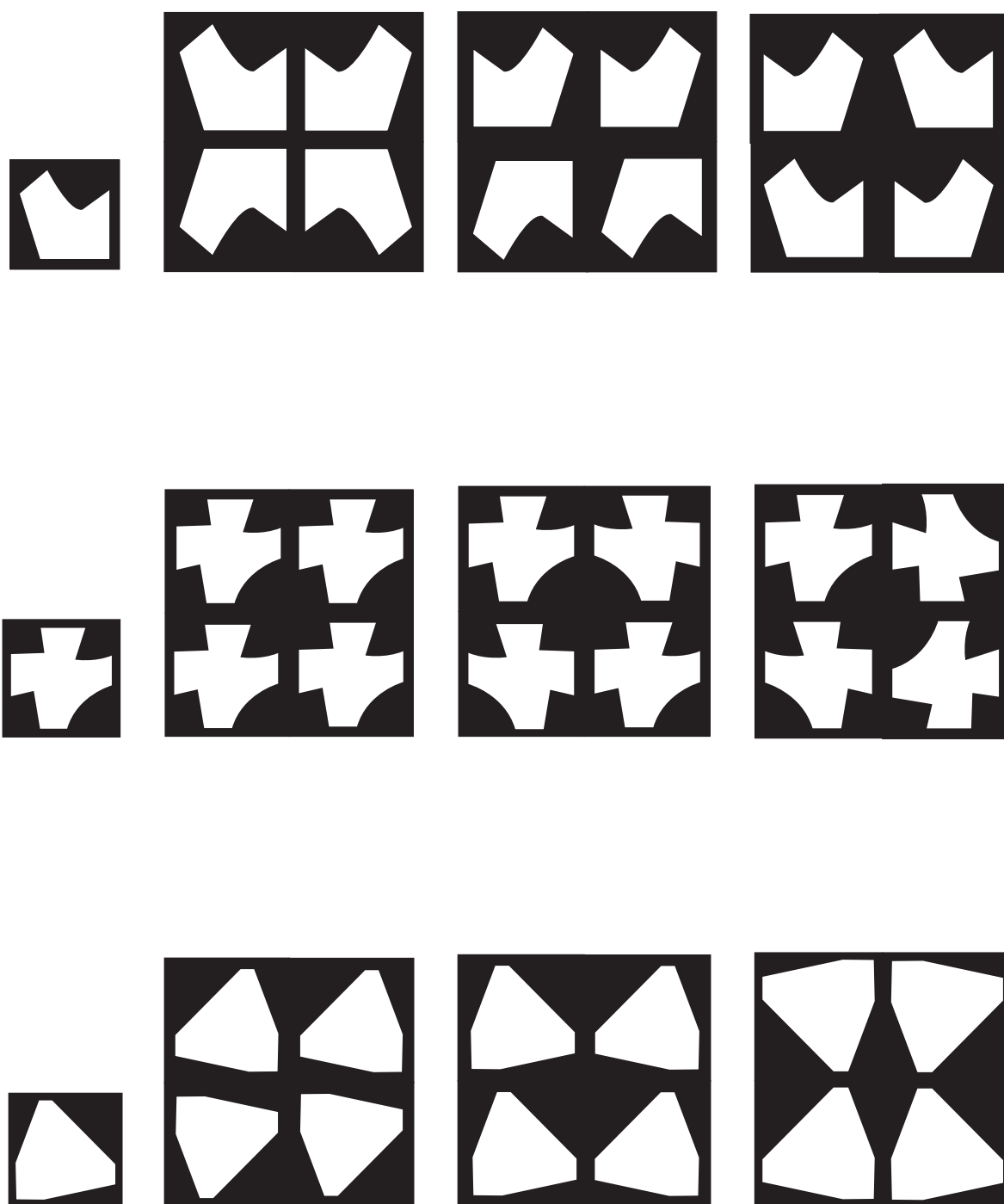


Figura 52: Supermódulos criados a partir do plano cartesiano.

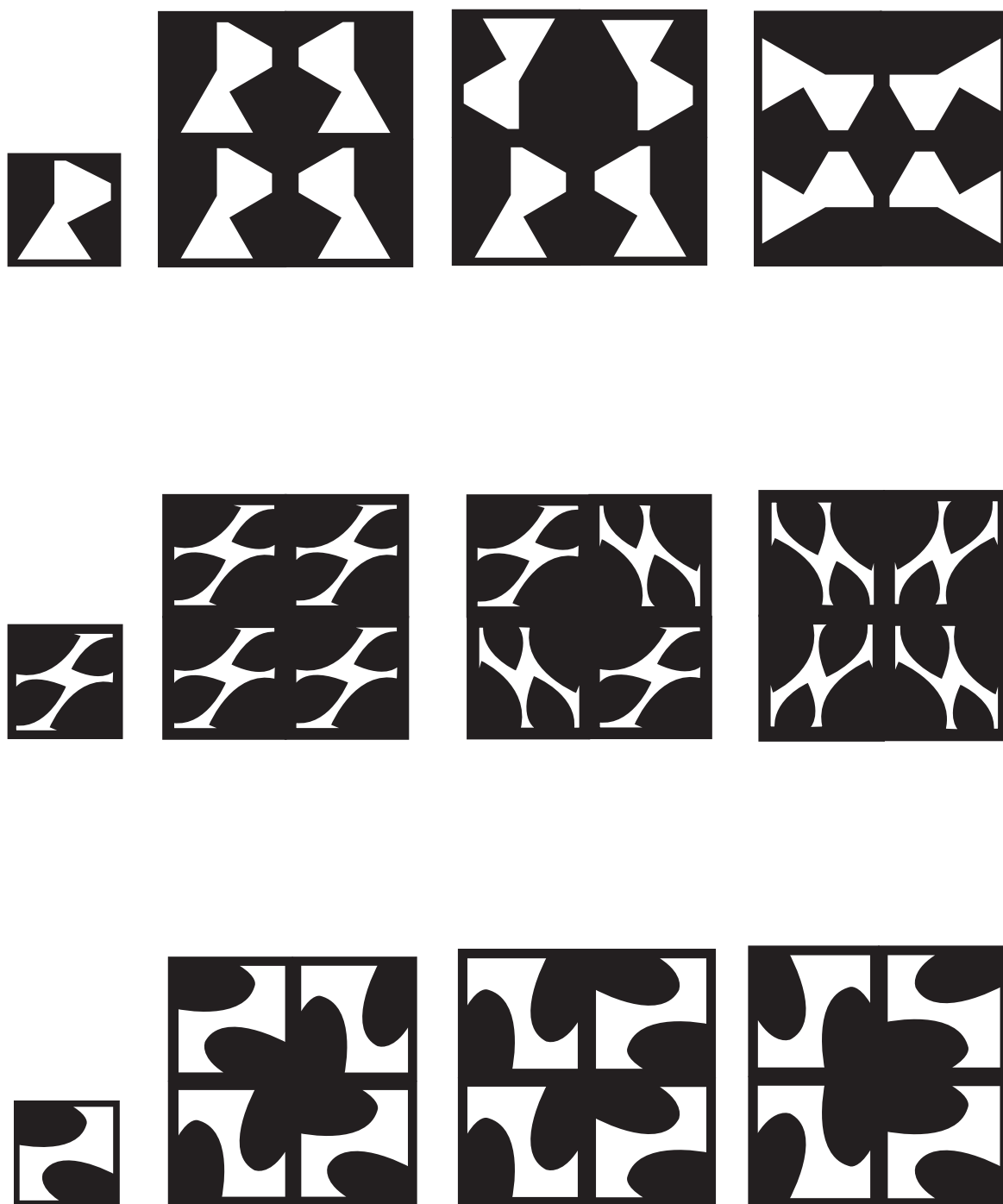


Figura 53: Supermódulos criados a partir do plano cartesiano.

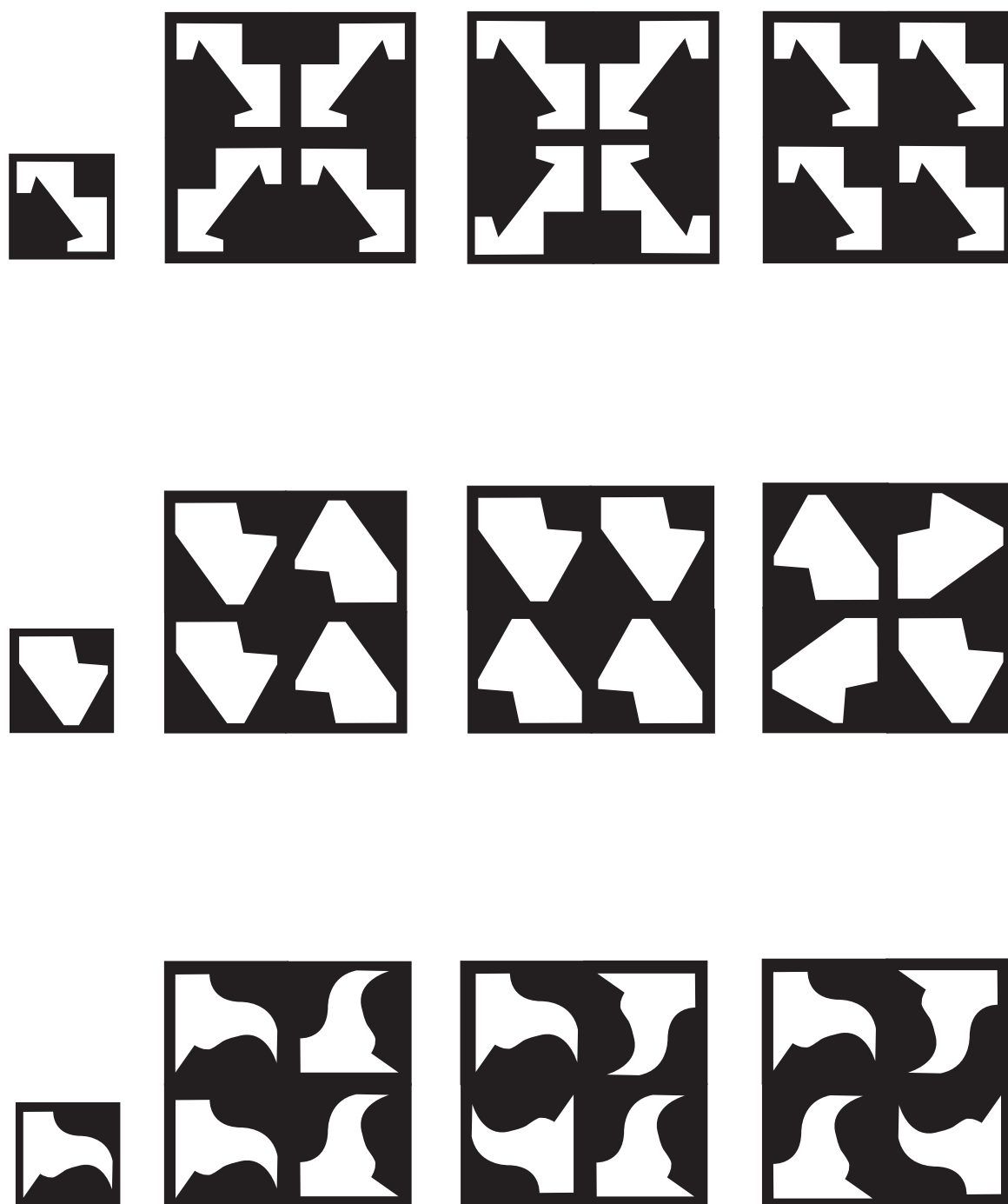


Figura 54: Supermódulos criados a partir do plano cartesiano.

4.4.3 Conclusão

Muito dos módulos desenvolvidos apresentaram composições harmônicas e poderiam ser utilizados para criação do elemento vazado, porém, para andamento do projeto, decidiu-se escolher apenas um terço dos doze, restringindo e facilitando no estudo mais específico destes.

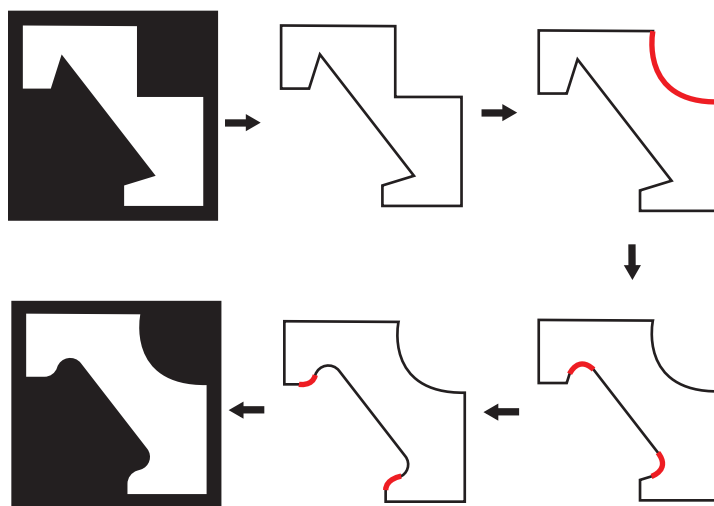
Para prosseguir com o projeto, foram escolhidos quatro módulos que apresentaram melhores composições, levando em conta a diferença e variedade dos supermódulos gerados, além da originalidade formal.

4.5 Quinta etapa: Refinamento dos módulos escolhidos para estudo

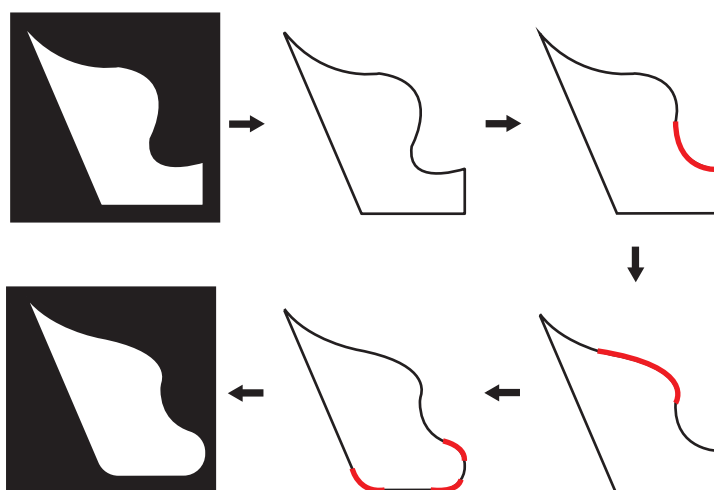
Os módulos 1, 2, 3 e 10 foram os que mais se adequaram dentro do esperado segundo os requisitos do projeto. Todos possuíam uma grande variação formal em seus supermódulos, o que resultaria em painéis diversificados e composições que apresentariam um belo jogo de sombras no ambiente aplicado.

De qualquer forma, para um resultado melhor, foi feito o refinamento destes quatro módulos escolhidos. Este refinamento levava em conta as áreas pontiagudas geradas no elemento vazado, que poderiam causar incidentes, além de serem frágeis, onde durante o processo de fabricação, transporte e limpeza, quebrariam com facilidade. Como o produto tem finalidade tanto para ambiente externo, quanto interno, questões de resistência eram uma das

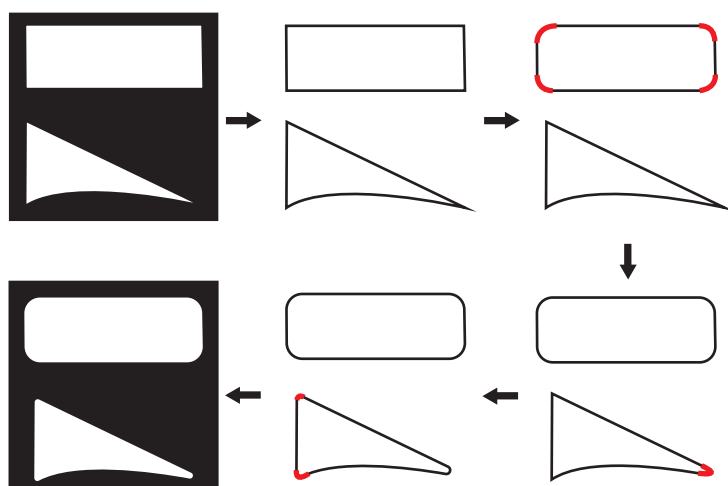




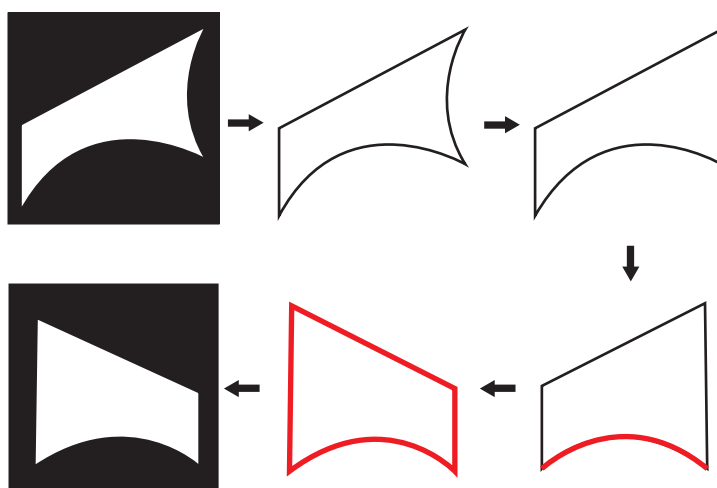
Para o primeiro módulo, as alterações foram feitas em suas áreas pontiagudas. Decidiu-se então fazer um arredondamento em suas bordas e a região angulosa, na extremidade lateral da parte de cima, terminou sendo circular.



Para o segundo módulo, as alterações foram feitas em suas áreas arredondadas. Decidiu-se diminuir o raio das curvas existentes, deixando-o mais harmônico. A região pontiaguda da peça não sofreu alterações, tendo em vista que a área era fechada e não apresentava riscos de acidentes ou fragilidade. Esta área também apresentava uma ligação para com os outros módulos a serem dispostos no painel, pois esta ponta apresentava um direcionamento que a destacou no processo de estudo das composições, logo, decidiu mantê-la.



Para o terceiro módulo, as alterações foram feitas em suas áreas pontiagudas, assim como no primeiro. Decidiu-se então fazer um arredondamento em suas bordas, principalmente na região retangular, na parte de cima.



Para o quarto e último módulo, a maior alteração foi na área lateral, onde existia uma curva, que após modificação, se tornou uma reta. Esta reta foi prolongada até a altura da outra extremidade, para aumentar a passagem de ar pelo elemento vazado. Por último, este módulo interno foi refletido num ângulo de 90° , apenas para desenvolvimento dos estudos dos painéis.

4.5.1 Avaliação dos módulos

Após refinamento dos quatro módulos escolhidos, notou-se que todos atingiam os requisitos do projeto. Para decidir o conceito que seria estudado, fez-se necessário analisar outras questões, já que todos poderiam ser trabalhados.

Analisou-se então as áreas que poderiam tornar a peça menos resistente, ou que possuíam menos quantidade de probabilidades viáveis de painéis compostivos, tendo em vista a pouca variação dos supermódulos dentro dos painéis e as composições não harmônicas.

As duas peças que mais apresentavam resistência, levando em conta a questão da área vazada e os ângulos internos das mesmas, foram as de número 2 e 4. Os módulos 1 e 3 ainda possuíam extremidades que, possivelmente, apresentariam riscos de quebra no processo de fabricação ou até mesmo de aplicação no ambiente.

No quesito composições, todas geravam um grande número de painéis compostivos, mas as peças de número 3 e 4 apresentaram supermódulos visualmente mais diferentes, logo, o número de painéis com uma composição diferenciada seria maior.

Tendo em vista que a peça de número 4 tanto apresentava boas e diferentes composições, como resistência nas bordas de sua área vazada, ela foi escolhida como o conceito a ser desenvolvido.

6.2.2 Processos do solo-cimento

Para o desenvolvimento do solo-cimento com adição de resíduo de serraria, foram necessários algumas análises, realizadas no Laboratório de Tecnologia dos Materiais (LTM) e no Laboratório de Caracterização dos Materiais (LCM). Essas análises continuam acontecendo, tendo em vista que o material não está totalmente pronto para uso, e ainda precisa de alguns ajustes para resultados cada vez melhores. Estas análises foram desenvolvidas pelo Professor Reginaldo Severo de Macedo e o aluno Rafael Braga da Cunha, que estiveram presentes durante todo o processo de testes para elaboração dos elementos vazados.

Análise da composição química

A análise química de uma matéria-prima é uma etapa de bastante importância, tanto industrialmente como cientificamente. As amostras de solo foram submetidas à análise química por energia dispersiva de raios-X (EDS), (CUNHA, 2018).

Análise granulométrica

A granulometria de um solo tem impacto direto na qualidade e no custo benefício do solo-cimento, sendo assim, o estudo da granulometria do solo foi realizado através da dispersão de partículas em fase líquida por difração a laser (CUNHA, 2018).

Limites de consistência

A determinação dos limites de consistência do solo foi realizada a partir do método de Casagrande (o aparelho de Casagrande permite determinação do menor teor e umidade com que uma amostra de Solos) pode fluir e seguindo as normas NBR 6459 (ABNT, 1984a) e NBR 7180 (ABNT, 1984b). É recomendado que, para ser viável tecnicamente, o solo estudado deve apresentar índice de plasticidade com até 18% e o limite de liquidez deve variar no máximo entre 45% e 50% (CEPED, 1984).

Confecção dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova cilíndricos foram confeccionados no cilindro de Próctor (diâmetro = 50 mm; altura = 100 mm), sendo a compactação efetuada em quatro camadas aplicando-se, em cada camada, 30 golpes de um soquete manual.

Foram confeccionados 20 corpos-de-prova para cada composição, onde foram utilizados para os ensaios de resistência à compressão e absorção de água, dos quais foram realizados aos 7, 14, 21 e 28 dias, com exceção da absorção de água que foi realizada com 21 dias após a moldagem dos corpos deprova (CUNHA, 2018).

Ensaio de compressão

O ensaio de resistência à compressão é um dos principais parâmetros do estudo do solo-cimento. Foram realizados ensaios aos 7, 14, 21 e 28 dias, na máquina EMIC e em conformidade com as normas NBR 8492 (ABNT, 1984d) e NBR 12024 (ABNT, 1992b), (CUNHA, 2018).

Absorção de água

O ensaio de absorção de água determina o grau de porosidade do material, quanto menor a absorção de água, menor será a sua porosidade e consequentemente maior será a sua resistência. A absorção de água foi realizada conforme a norma NBR 8492 (ABNT, 1984d), (CUNHA, 2018).

Para calcular o valor da absorção de água foi utilizada a seguinte equação:

Onde:

A (%) = Teor de absorção de água (em %)

M_2 = Massa do corpo de prova úmido (em g)

M_1 = Massa do corpo de prova seco (em g)

6.2.3 Processo de fabricação do elemento vazado em solo-cimento

O processo de fabricação do elemento vazado é o mesmo processo realizado na produção do tijolo ecológico. Este processo não precisa da queima, e não causa impactos ao meio ambiente, pois utiliza apenas de água para sua cura, a qual é devolvida ao meio ambiente por meio de evaporação.

Para desenvolver o elemento vazado, a única diferença é o molde a ser usado, pois este precisa ser adaptado tanto ao produto, quanto ao processo.

Mistura

O processo de mistura dois materiais pode acontecer de duas formas:

- Mistura Manual: onde os materiais (solo, cimento e pó de serra) são misturados em suas proporções adequadas, de forma manual. A adição da água deve ocorrer de maneira controlada, notando sempre se a massa de solo-cimento está ficando homogênea.

- Mistura Automatizada: este tipo de mistura é feita por misturadores existentes no mercado, que tornam a massa homogênea adicionando a quantidade exata de água.

Prensagem

Após mistura, a massa é levada para uma prensa. Para este tipo de produto não existe apenas uma prensa, apesar de existirem prensas específicas para tijolos e pisos ecológicos. Após inserido o molde, a massa é pressionada e compacta o material, dando origem ao elemento vazado.



Figura 77: Máquina manual para fabricação de elementos em solo-cimento. Fonte: verdeequipamentos.com.br

Cura

Após a confecção do elemento vazado na prensa, as peças precisam passar pelo processo de cura, onde ganhará suas características mecânicas de resistência e durabilidade.

- Aspersão Manual: processo simples que consiste em realizar a aspersão de água no produto por meio de regadores ou mangueiras, mantendo os elementos úmidos, para assim, estes ganharem resistência.

- Aspersão Mecanizada: o mesmo processo da aspersão mecanizada, porém nesse caso, utiliza-se de equipamentos para gerar a aspersão em uma forma de névoa de água, molhando os elementos de maneira suave, ajudando no processo de penetração da água.

- Imersão: este tipo de processo é o mais eficiente, pois os produtos são imersos em um tanque de água, garantindo a umidade total, reduzindo o tempo para que o elemento vazado atinja a resistência final.

6.3 Testes de aplicação de cor

Durante o desenvolvimento do projeto, surgiram dúvidas sobre como aplicar cor no material sem encarecer o processo de fabricação. A partir disso, iniciaram-se estudos no Laboratório de Caracterização dos Materiais LCM para solucionar esta questão.

Estes estudos foram feitos semanalmente, em paralelo com os estudos sobre o produto e os estudos sobre a resistência do material.

Após pesquisas de aplicação de cor em produtos cerâmicos, surgiu a ideia de aplicação do pigmento em pó no ato de produção da massa (solo-cimento). A partir disso, semanalmente, eram feitos estudos de aplicação de cor até descobrirmos se poderíamos ou não utilizar pigmento em pó em um material que não levava a queima, e se sim, quais seriam as proporções de pigmentos indicadas.

O primeiro dos testes foi realizado com o pigmento amarelo, o pó xadrez. Nesta situação, 10% do pigmento amarelo (10% em cima dos mls de água) foi adicionado á argila, pó de serra e cimento, e aos poucos foi-se adicionando água.

Os testes foram feitos em cilindros (materiais do LTM, disponibilizamos para o uso neste projeto) e precisavam de no mínimo 24 horas para serem retirados dos moldes. As medidas dos materiais eram de 70% de solo + 10% de cimento + 20% de resíduo de pó de serra e 400ml de água.

Figura 78: Pigmento em pó amarelo (pó xadrez).



Figura 79: Solo-cimento.



Figura 80: Solo-cimento com pigmento amarelo.



Durante o processo de mistura da massa com o pó, notou-se pouca diferença entre a mistura com o pó amarelo e a mistura sem o pó. Foi feito um corpo de prova com os 10% de pigmento amarelo e outro corpo de prova sem o pigmento. O desmoldante utilizado foi o óleo diesel. As peças só foram retiradas do molde no dia seguinte.

Figura 81: Corpos de prova sendo prensados.



Figura 82: Molde com pigmento amarelo x molde sem pigmento amarelo.



Figura 83: Módulo sem pigmento x módulo com pigmento.



A diferença entre o corpo de prova com pigmento de cor e o sem pigmento de cor foi mínima, a cor amarela não conseguiu ser aplicada ao material naquela porcentagem.

Para prosseguir com os estudos de cores, foram feitas mais dois testes. Dessa vez, dobrando a porcentagem de pigmento em pó, indo agora para os 20% do valor da água, e utilizando outras duas cores: azul e verde.



Figura 84: Pigmento em pó azul.



Figura 85: Solo-cimento com pigmento azul.



Figura 86: Solo-cimento com pigmento e água.



Figura 87: Pigmento em pó verde.



Figura 88: Solo-cimento com pigmento verde.



Figura 89: Solo-cimento com pigmento e água.

Notou-se que ao misturar o pigmento em pó verde e também azul, a massa ganhou cor automaticamente, diferente de quando o teste foi feito com o pigmento amarelo.



Figura 90: Moldes com material azul e verde.



Figura 91: Solo-cimento com pigmento verde.



Figura 92: Solo-cimento com pigmento azul.

No dia seguinte, ao retirar os corpos de prova do molde, notou-se que a cor conseguiu ser aplicada ao material. Tanto os testes com a cor verde, quanto com a cor azul estavam coloridos corretamente.

Como o solo-cimento tem um tom terroso, puxado para o amarelo, a pigmentação do material se tornou mais difícil de ser percebida. Aconteceria o mesmo se ao invés do pigmento amarelo, o pigmento adicionado fosse o marrom. A diferença visível ocorre quando o tom utilizado difere do tom do material em questão, ao menos com a quantidade que foi utilizada nesses três estudos (10% e 20%). Constatou-se então que a porcentagem adequada tem que ser a partir de 20%, que já é ideal.

De qualquer forma, o teste de cor conseguiu entregar resultados positivos quanto a pigmentação, o que não impede novos testes com outros meios de coloração. O modo escolhido deu-se devido ao custo baixo e por ser um processo fácil.

Em relação ao acabamento dos corpos de prova, é importante lembrar que estes foram feitos em moldes manuais, pequenos cilindros onde o material era prensado por meio de um soquete de ferro. Os corpos de prova serviram apenas para medir a resistência do material e realizar os estudos de cores.

Para o desenvolvimento dos elementos vazados, o processo é por meio de prensas maiores, como as utilizadas na criação dos tijolos ecológicos e, conseqüentemente, possuirão um bom acabamento, como na imagem a



Figura 93: Solo-cimento prensado.



Figura 94: Prensa manual do solo-cimento.

6.4 Apresentação do produto

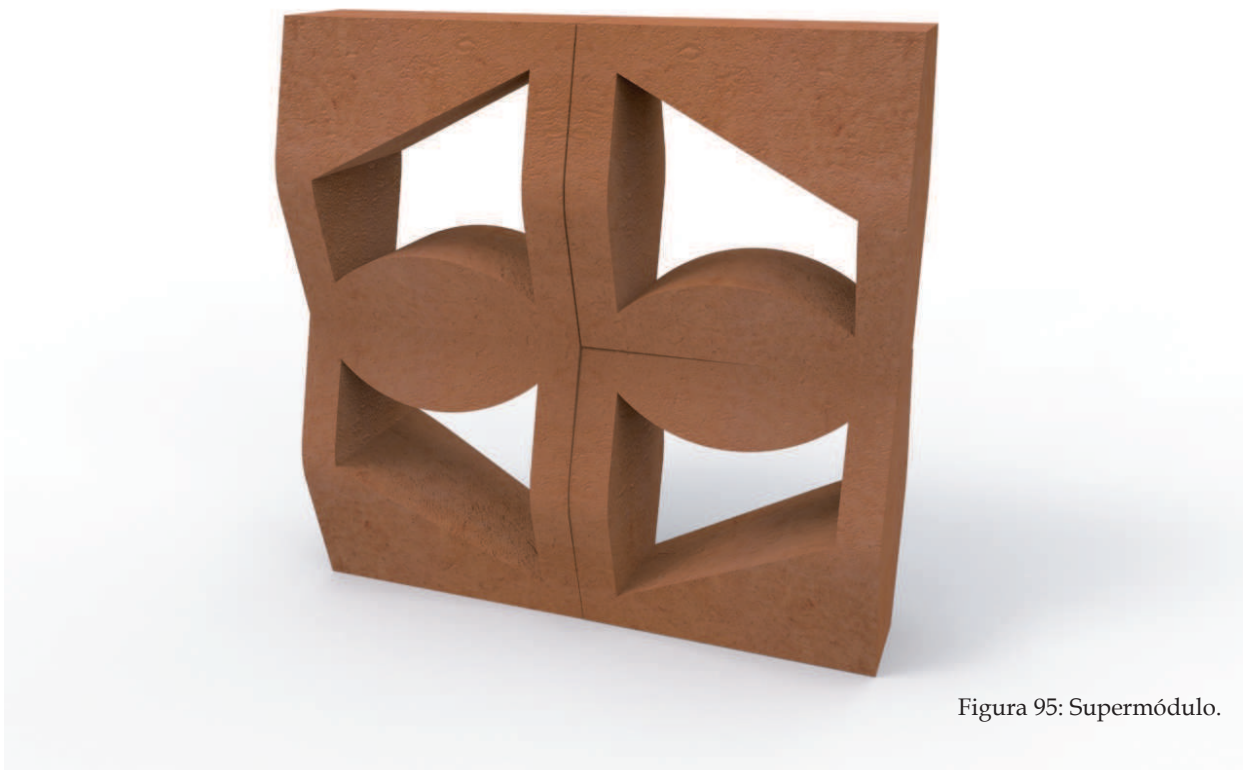


Figura 95: Supermódulo.

6.5 Simulação de aplicação do produto no ambiente

Figura 96: Aplicação do produto no ambiente.

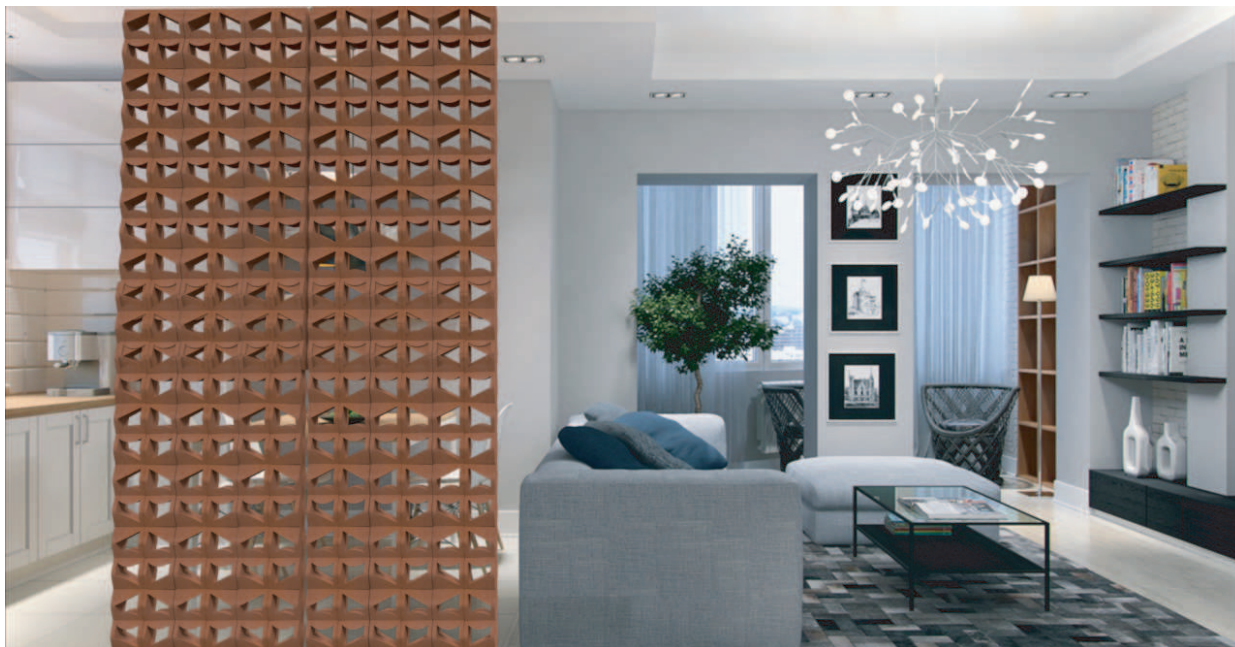


Figura 97: Aplicação do produto no ambiente.



6.6 Vistas ortogonais do elemento vazado e medidas

6.7 Vistas ortogonais do molde e medidas



Recomendações

7 Recomendações

Tendo em vista que os estudos do material apresentado neste relatório não estão finalizados e que toda semana algo novo é descoberto sobre ele, a sua resistência e características, é importante entender que muito precisa ser melhorado e estudado para que cada vez mais, futuras aplicações tenham melhores e mais avançados resultados.

Os estudos de cores foram feitos baseados nos pigmentos encontrados em Campina Grande, logo, é bom salientar que novas cores podem ser analisadas, novos tons e outros tipos de aplicações, diferentes do pigmento em pó, como por exemplo o gel.

Sobre o molde feito para encaixe na máquina de prensa, este foi feito baseado nos moldes existentes para tijolos ecológicos e foi adaptado á necessidade do elemento vazado.

E por último, outro fator que pode (e deve) ser levado em consideração é que muito ainda pode ser feito com o solo-cimento. É um material que apresenta inúmeras vantagens e precisa ganhar mais espaço não só nas áreas de Arquitetura e Urbanismo mas em todas as que ele possa ser aplicado, como o Design.



Considerações
finais

8 Considerações finais

Para o desenvolvimento desse projeto foi essencial o contato direto com o material trabalhado, o solo-cimento. O trabalho dia após dia com ele, entendendo suas limitações e descobrindo o quanto ele pode nos entregar como um material sustentável, foi o ponto alto desse processo. Foi de suma importância todos os estudos desenvolvidos em outros departamentos da Universidade Federal de Campina Grande, como o de Engenharia de Materiais e o de Arquitetura, mesclar conhecimentos e tirar o projeto do papel.

Notou-se que, por mais que o projeto apresente dificuldades, buscar soluções é o que transforma o processo em aprendizado.

O produto terminou se mostrando rico em possibilidades e em futuros estudos, com grandes variações de painéis compostivos e uma importância a mais, que é o meio ambiente. O estudo com módulos volumétricos acrescentou muito no desenvolvimento deste relatório, e percebeu-se o quanto é importante utilizar de ferramentas tridimensionais.

Ao fim, descobriu-se que mesmo um produto que pareça ter baixa complexidade, pode ser um grande desafio e ser tão complexo quanto outros. Tudo depende do caminho a ser seguido e do quanto se está disposto a trabalhar nele.

6.6 Estudo de cor

O estudo de cor foi realizado com quatro das cores de pigmento em pó xadrez, da marca Lanxess. As cores escolhidas para o estudo foram azul, preto, vermelho e verde, as quatro mais populares da marca em questão.

Figura 98: Produto com pigmento em pó azul.



Figura 99: Aplicação do produto no ambiente.



Figura 100: Produto com pigmento em pó preto.

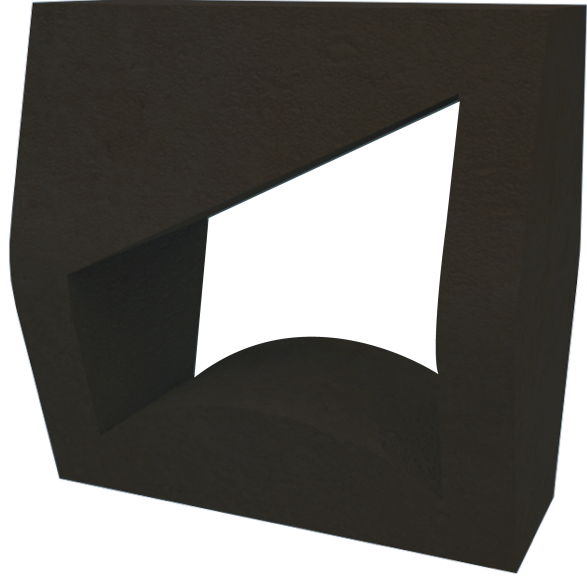


Figura 101: Aplicação do produto no ambiente.



Figura 102: Produto com pigmento em pó verde.



Figura 103: Aplicação do produto no ambiente.



Figura 104: Produto com pigmento em pó vermelho.

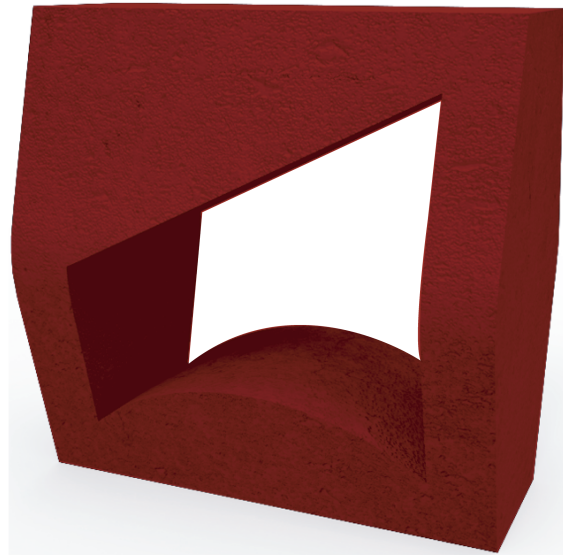


Figura 105: Aplicação do produto no ambiente.



Referências bibliográficas

7 Referências bibliográficas

____NBR 6459. Solo - determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

____NBR 7180. Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

____NBR 8492. Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Rio de Janeiro, 1984.

____NBR 12024. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1992.

____. NBR 7215: cimento Portland - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.

____. NBR 10004: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

____. NBR NM 23: cimento portland e outros materiais em pó - determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2001. 5 p.

ASTM, American Society for testing and materials. ASTM C618. Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concret. Philadelphia, 2006.

BARRASS, Robert. Os cientistas precisam escrever. 3 ed. Editora T.A. Queiroz. São Paulo, 1994.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos: Projeto PNUD BRA 00/20. Curitiba - PR, 2009.

CEPED (1984). Manual de construção com solo-cimento. Camaçari, BA. Convênio CEPED/BNH/ABCP, 147p.E

COSTA, Vanessa M. N. Módulos cimentícios para montagem de painéis vazados. 2012. Trabalho de Conclusão do Curso de Design - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2012.

CUNHA, Rafael. Estudo de solo-cimento com adição de resíduo de serraria, 2018. Relatório (Projeto de pesquisa) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018.

FERREIRA, D. B. Desenvolvimento, energia e ambiência urbana: uma abordagem histórica. Brasília: Parc. Estrat, 2009.

FREITAS, R. O. T. Design de Superfície. As ações comunicacionais táteis nos processos de criação. Porto Alegre. 1 ed. Blucher, 2011.

GIBBS, Jenny. Design de Interiores Guia Útil. São Paulo. 1ed. GG, 2010.

HALL, Stuart. A identidade cultural na pós-modernidade. Rio de Janeiro. DP&A Editora. 11ª edição, 2006.

IBQP- Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná. Trabalho de Conclusão de Curso - IBQP, Curitiba, 2002.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 p. Tese (Livre docência) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KRUCKEN, Lia. Design e Território: valorização de produtos locais. São Paulo: Studio Nobel, 2009.

PAULERT, Renata. Uso de elementos vazados na arquitetura: Estudo de três obras contemporâneas. 2012. Dissertação (Pós-graduação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PINTO, T.P.; GONZALES, J.L.R., (Coord.) Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Parceria Técnica entre o Ministério das Cidades, Ministérios do Meio Ambiente e Caixa Econômica Federal. Brasília: CAIXA, 2005.

SEGANTINI, A. A. S. Utilização de solo-cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira-SP. Tese de Doutorado - Campinas: UNICAMP, 2000.

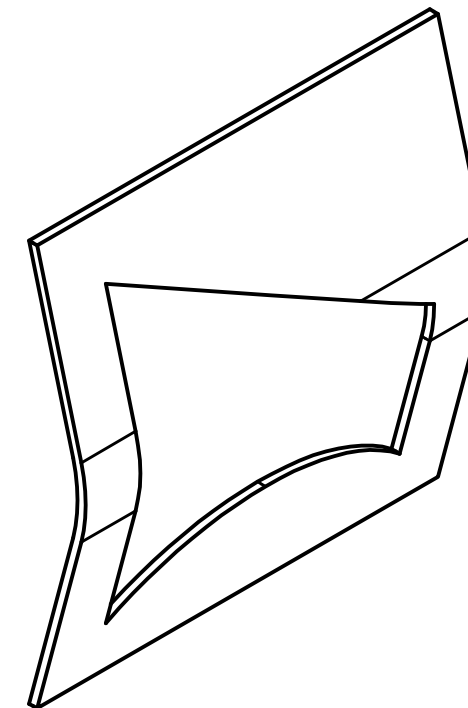
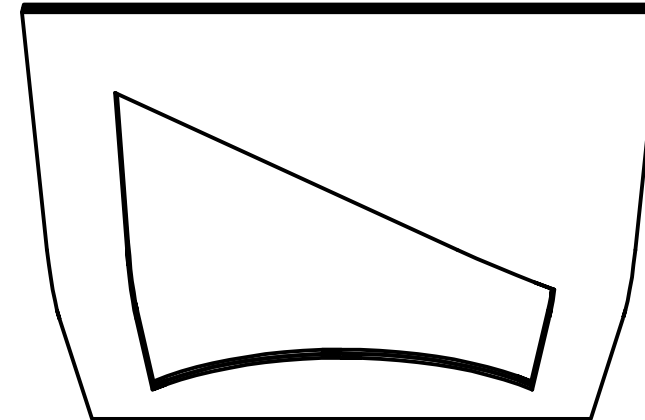
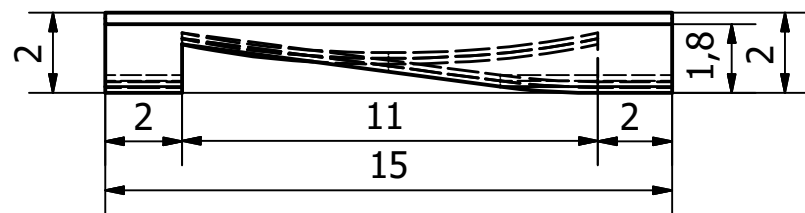
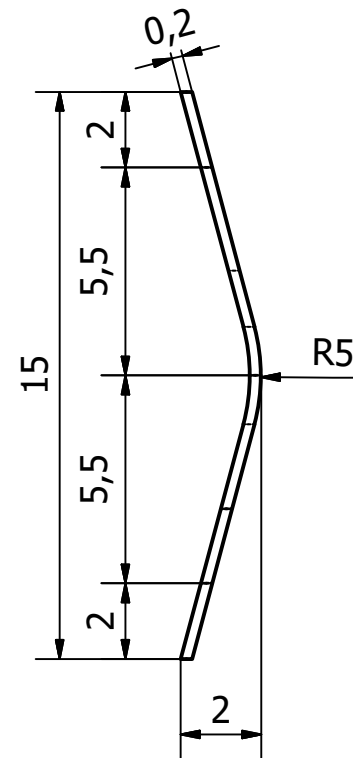
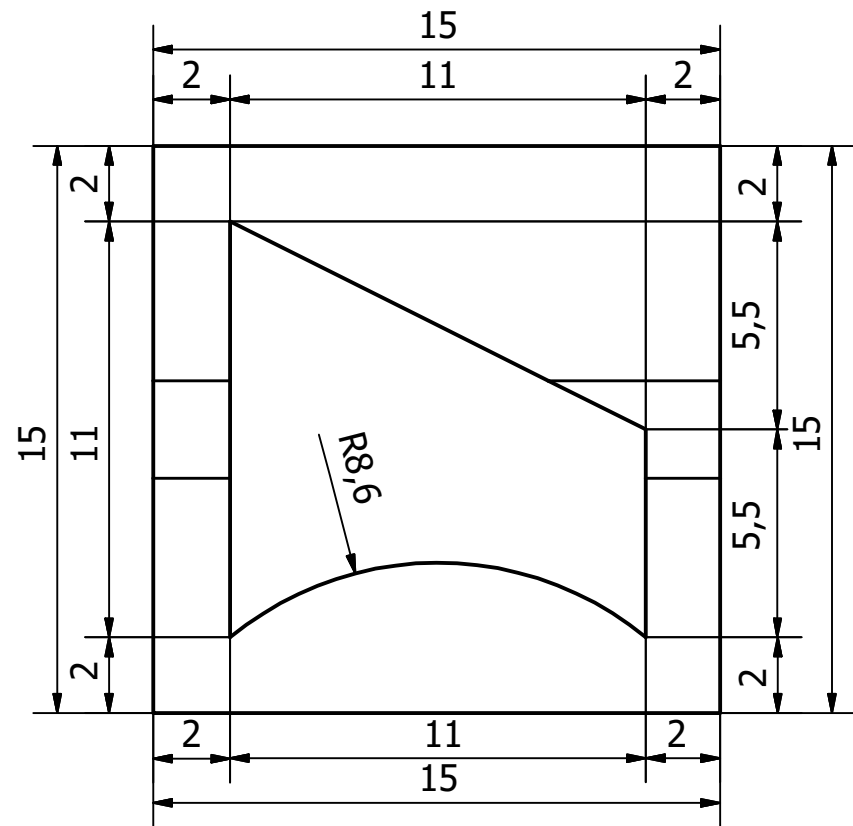
ROSÁRIO, L. M. Briquetagem visando utilização de resíduos de uma serra. Monografia (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2011.



SOUZA, M. I. B. Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento. Dissertação de Mestrado. Ilha Solteira - Universidade Estadual de São Paulo, 2006.

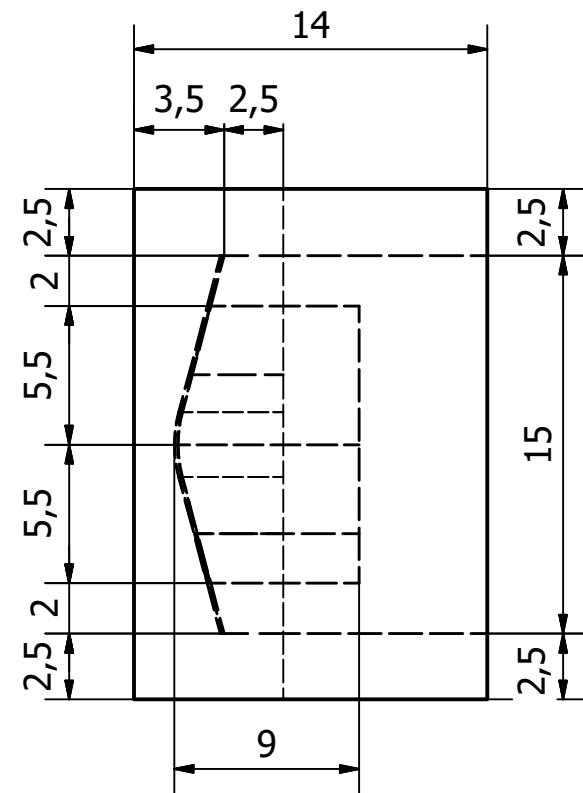
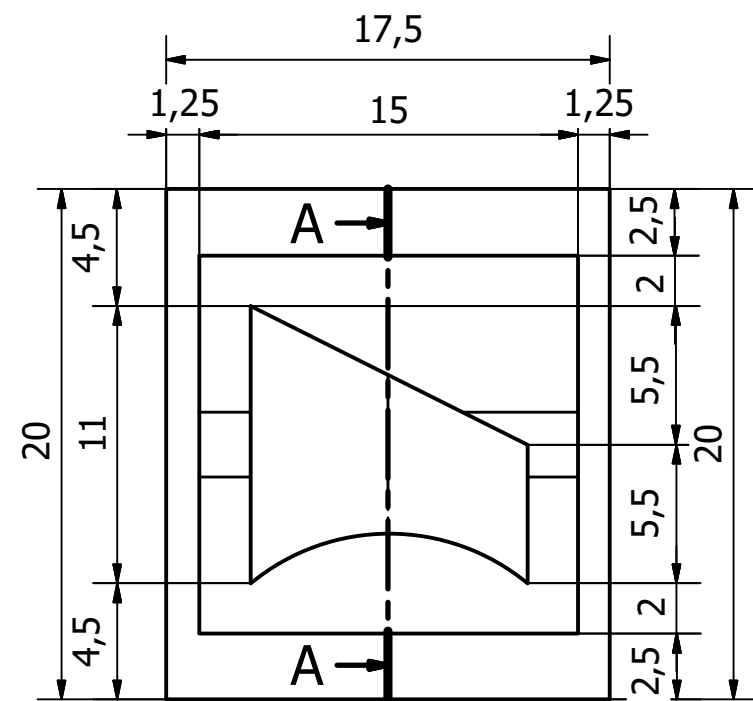
RUTHSCHILLING, Evelise Anicet. Design de superfície. Porto Alegre. 1 ed. UFRGS, 2008.

THAMAY, A. Thiago M. Ladrilho hidráulico: a valorização do território através do design de superfície. 2015. Trabalho de Conclusão do Curso de Design - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2015.

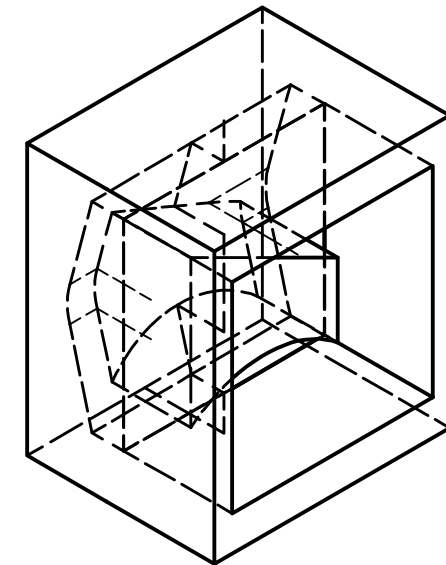
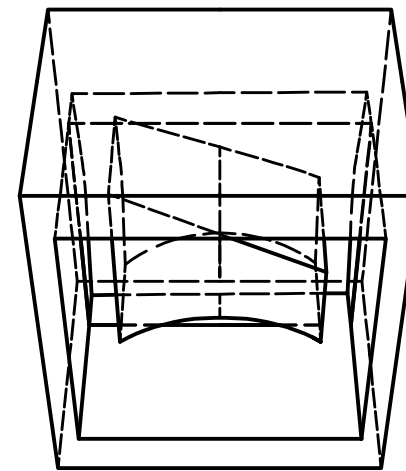
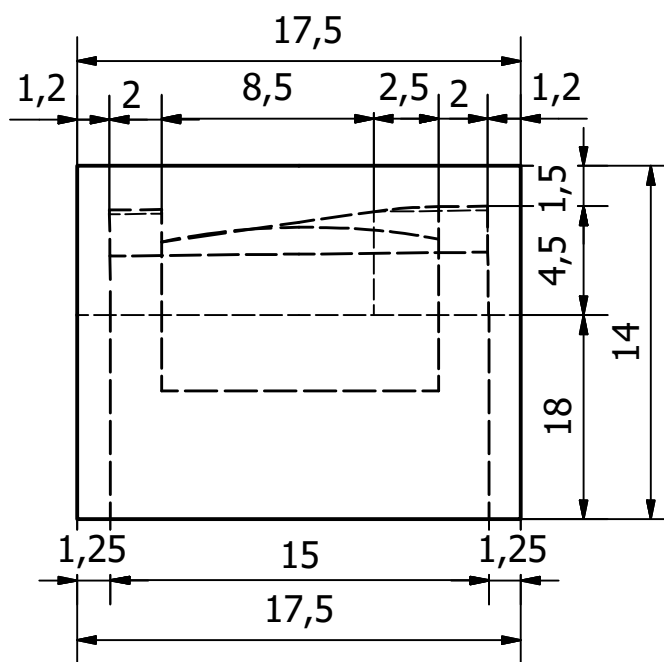
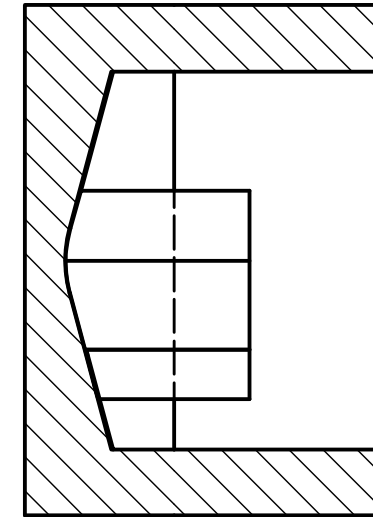
WONG, Wucius. Princípios de Forma e Desenho. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.





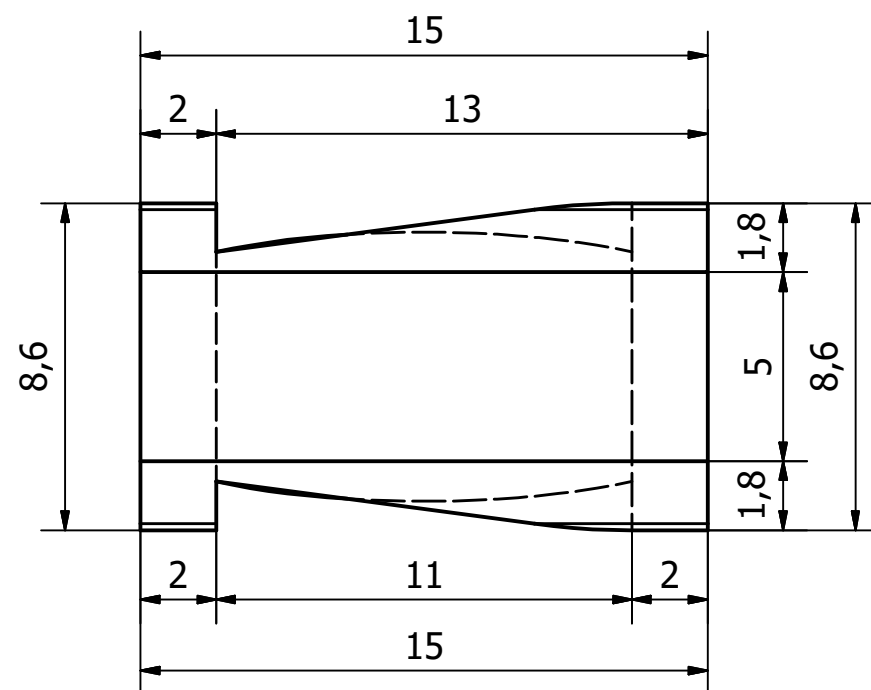
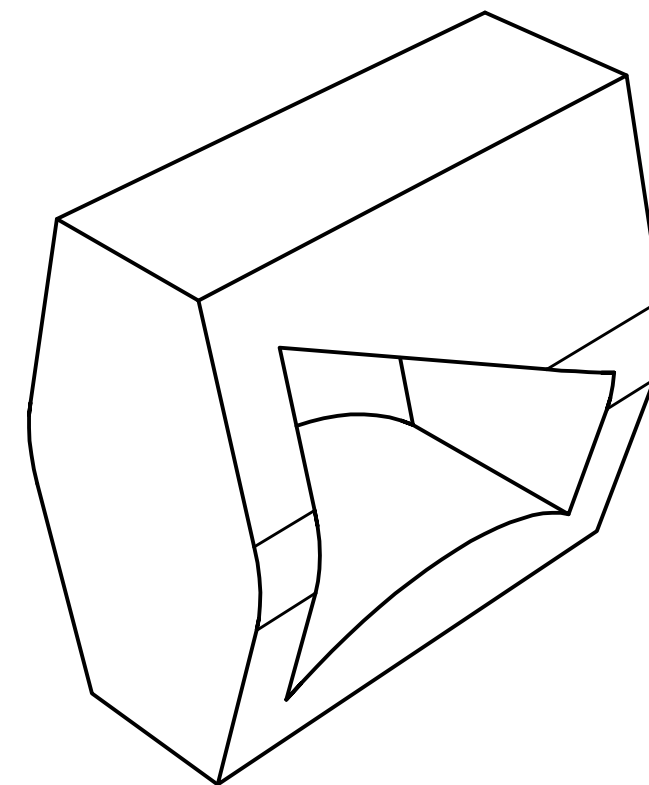
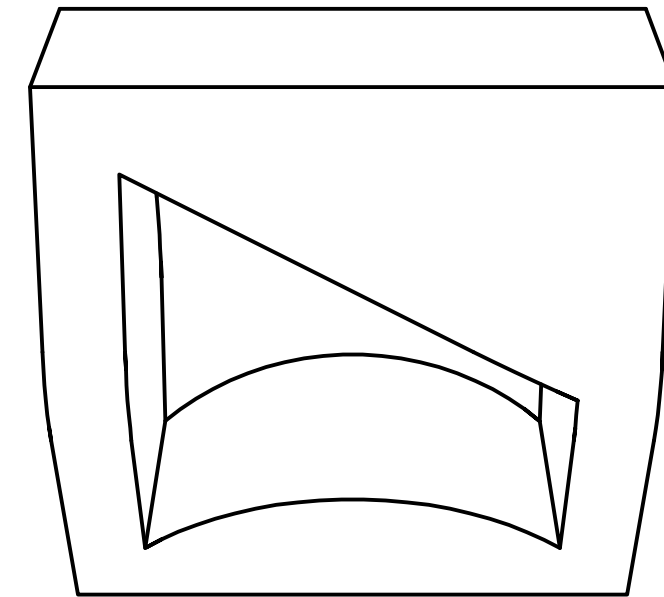
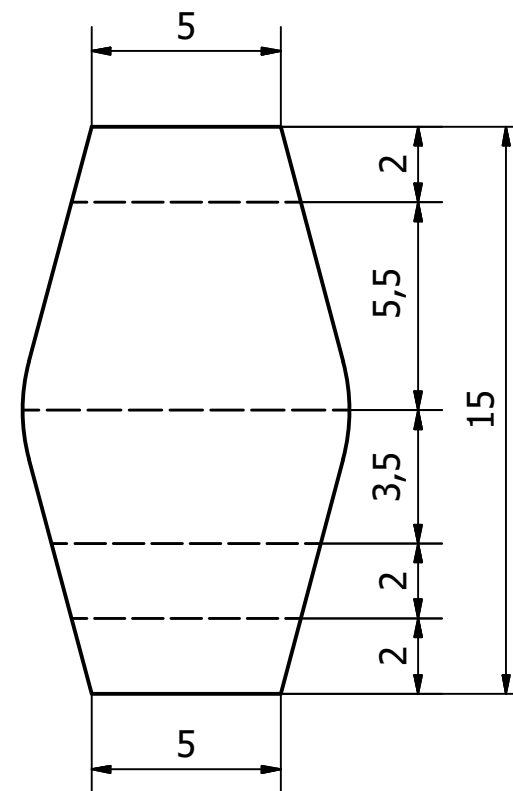
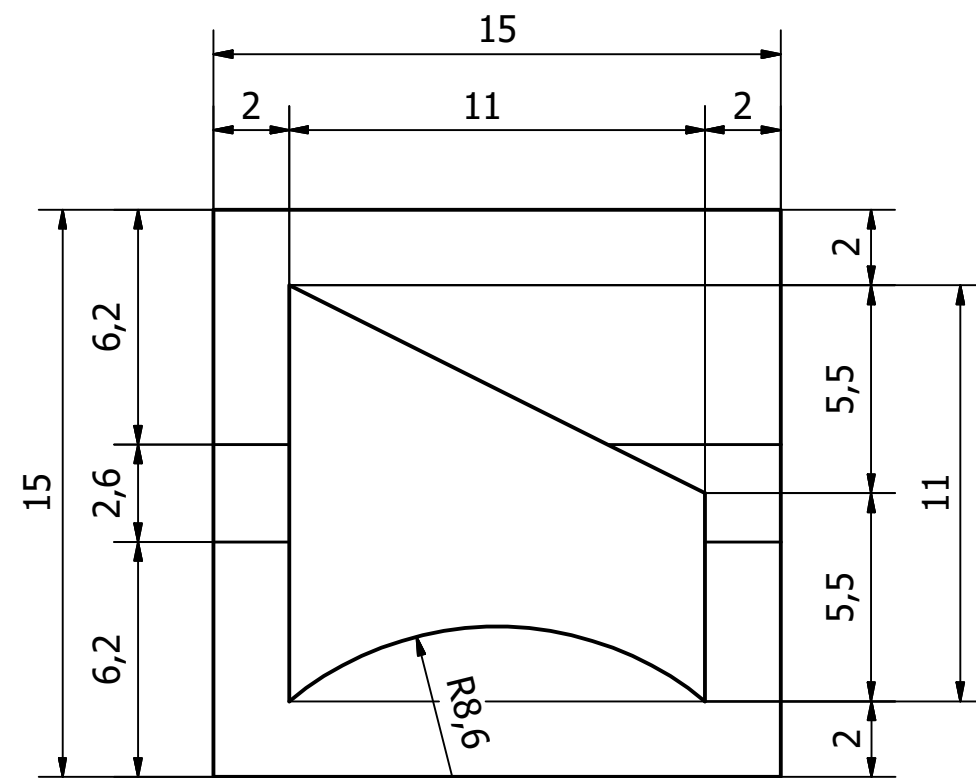
	Universidade Federal de Campina Grande - CCT				
	Unidade Acadêmica de Design				
	Elementos vazados em solo-cimento sustentável				
Peça:	Chapa de prensa em alumínio fundido	Projetista/Desenhista:	Pedro Henrique Jacinto Alves	Projeção:	
Escala:	1:2	Prancha:	A4	Unidade:	Centímetro
		Controle:	11411249	Data:	10/07/2018
				Nº da folha:	2


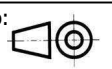


A-A (1 : 3)



	Universidade Federal de Campina Grande - CCT			
	Unidade Acadêmica de Design			
	Elementos vazados em solo-cimento sustentável			
Peça: Molde em aço de fundição	Projetista/Desenhista: Pedro Henrique Jacinto Alves		Projeção: 	
Escala: 1:3	Prancha: A4	Unidade: Centímetro	Controle: 11411249	Data: 10/07/2018
				Nº da folha: 3



	Universidade Federal de Campina Grande - CCT			
	Unidade Acadêmica de Design			
	Elementos vazados em solo-cimento sustentável			
Peça: Elemento vazado em solo-cimento	Projetista/Desenhista: Pedro Henrique Jacinto Alves		Projeção: 	
Escala: 1:2	Prancha: A4	Unidade: Centímetro	Controle: 11411249	Data: 10/07/2018
				Nº da folha: 1