

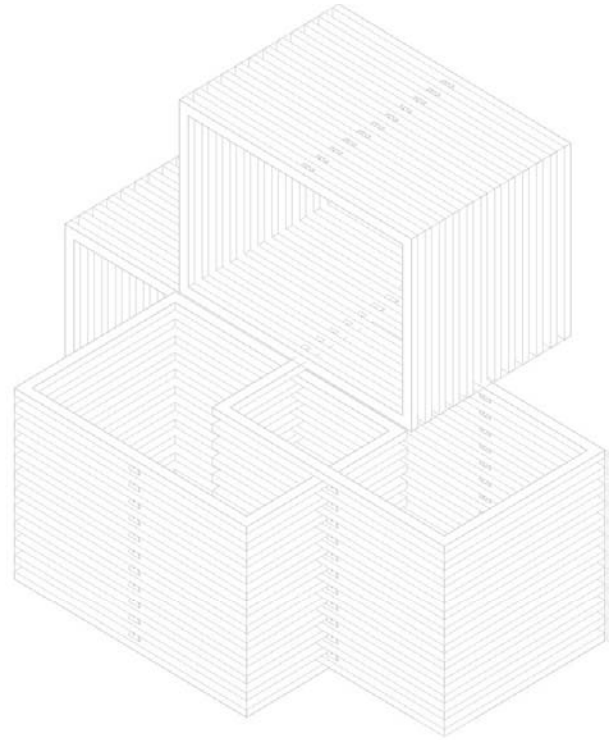
Gramática de Formas
e o **mobiliário**
modular multifuncional:
um estudo de caso

Fernanda Reis Schreiner
autora

Dissertação apresentada ao programa de Pós
Graduação em Design da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre em Design.

Prof. Dr. Benamy Turkienicz
orientador

Porto Alegre, 2009



Gramática de Formas
e o **mobiliário**
modular multifuncional:
um estudo de caso

Fernanda Reis Schreiner
autora

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Design.

Prof. Dr. Benamy Turkienicz
orientador

Porto Alegre, 2009

S378g

Schreiner, Fernanda Reis

Gramática de formas e o mobiliário modular multifuncional : um estudo de caso / Fernanda Reis Schreiner. – 2009.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura. Programa de Pós-Graduação em Design. Porto Alegre, BR-RS, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Benamy Turkienicz

1. Mobiliário. 2. Design. 3. Forma arquitetônica. I. Turkienicz, Benamy, orient. II. Título.

CDU-744(043)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Pós-Graduação em Design – Mestrado

ATA Nº 22 DA DEFESA PÚBLICA DE Mestrado DE FERNANDA REIS SCHREINER, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN COM ÊNFASE EM DESIGN & TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

Dia 24 de novembro de 2009, às 10h30min, no anfiteatro 200 da Escola de Engenharia Nova, instalou-se a Comissão Examinadora da defesa pública de Mestrado em Design, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani, docente da Universidade de Campinas, Prof. Dr. Itiro lida, docente da Universidade de Brasília, Prof. Dr. Júlio Carlos de Souza Van der Linden, docente do Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Prof. Dr. Benamy Turkienicz (Presidente) a fim de proceder à arguição pública da defesa de Mestrado de **Fernanda Reis Schreiner**, discente do Programa de Pós-graduação em Design, desta Universidade, dissertação intitulada: **Gramática de Formas e o Projeto do Mobiliário Modular Multifuncional: Um Estudo de Caso**. Abertos os trabalhos, a candidata expôs seu trabalho de dissertação por 20 minutos e após foi dada a palavra a Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani que arguiu a candidata por 30 minutos, tendo esta respondido em 15 minutos. Em seguida o Prof. Dr. Itiro lida arguiu a candidata por 30 minutos, tendo esta respondido em 15 minutos. Logo após, o Prof. Dr. Júlio Carlos de Souza Van der Linden arguiu a candidata por 30 minutos tendo esta respondido em 15 minutos. Finalmente o Prof. Dr. Benamy Turkienicz discorreu sobre o trabalho por 10 minutos. Logo após, reuniu-se a Comissão Examinadora que apresentou o conceito final que de público foi anunciado: () Não Aprovada; (X) Aprovada sem correções; () Aprovada, condicionalmente, para concessão do Título de **Mestre em Design com ênfase em Design & Tecnologia** desde que sejam realizadas **todas** as correções solicitadas pelos membros da Banca Examinadora, avalizadas pelo Orientador, dentro do prazo regimental. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente Ata que vai por mim assinada, Eloisa Santana de Almeida, e pela Comissão Examinadora. Porto Alegre, 24 de novembro de 2009.

Banca Examinadora:




Maria Gabriela Caffarena Celani



Itiro lida



Júlio Carlos de Souza Van der Linden

Orientador:


Benamy Turkienicz
Presidente


Eloisa Santana de Almeida
Téc. em Secretariado
Mat. Stape 003572374
Secretária PGDesign/URFGS

AGRADECIMENTOS

Ao orientador, professor Dr. Benamy Turkienicz, pelo incentivo, críticas e experiência para me conduzir ao desenvolvimento deste trabalho e a minha formação como pesquisadora;

Aos professores e alunos do PGDESIGN;

Aos bolsistas e colaboradores do SIMMLAB, principalmente aos mestrandos: Ana Cláudia Vettoretti, Cristina Gondin, José Carlos Broch, Rodrigo Allgayer e Tiago Retamal pelas divagações coletivas;

Aos voluntários que participaram do experimento e contribuíram para a realização desta dissertação;

Aos meus amigos, pelo interesse e compreensão;

Aos meus pais, Elisabeth e Bayard, e a minha irmã, Mariana, pelo incentivo e amor;

Ao Fábio pelo amor e apoio incondicional.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	2
SUMÁRIO	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	8
INTRODUÇÃO.....	15
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
1.1 GRAMÁTICA DE FORMAS.....	23
1.2 SIMETRIA	33
1.3 MODULARIDADE	38
1.4 MULTIFUNCIONALIDADE	40
1.4.1 EMERGÊNCIA DE FUNÇÃO E AFFORDANCE	42
1.6 USABILIDADE.....	50
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1 APLICAÇÃO DA TEORIA DA GRAMÁTICA DE FORMAS.....	56
2.1.1 VOCABULÁRIO	56
2.1.2 RELAÇÕES ESPACIAIS	58
2.1.3 REGRAS FORMAIS, FORMAS INICIAIS E PROJETO GENERATIVO	69
2.2 DADOS QUALITATIVOS - TESTE DE USABILIDADE.....	78
2.2.1 JUSTIFICATIVA DO TIPO DE DINÂMICA.....	79
2.2.2 NÚMERO DE USUÁRIOS	79
2.2.3 DESCRIÇÃO DO GRUPO DE USUÁRIOS	80
2.2.4 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO.....	81
2.2.5 DADOS COLETADOS	84
3. ANÁLISE DOS RESULTADOS	87
4. CONCLUSÕES	90
ANEXO A	105
APÊNDICE A	106
APÊNDICE B.....	116

RESUMO

Esta pesquisa relaciona a teoria da Gramática de Formas (STINY;GIPS, 1972) com os princípios de modulação (HUANG, 2000), para subsidiar um método de antecipação das alternativas de composição capaz de prever a intervenção do usuário. O objeto de investigação, o móvel *Vertibral*, projetado por Joseph Keenan, é um conjunto de quatro módulos, compostos por 12 quadros lineares de madeira articulados permitindo a interpenetração (WONG,1998) para arranjo entre os módulos. A pesquisa baseia-se na recuperação da gênese do projeto *Vertibral* a partir de um modelo teórico (associação entre Gramática de Formas e modulação), e seguiu as seguintes etapas: análise do vocabulário do objeto da investigação; identificação e quantificação das relações espaciais possíveis entre dois módulos com a organização de matrizes; exercício de geração de regras formais e arranjos a partir das 232 relações espaciais quantificadas, em relação ao solo quantificadas; e, por último, comparação dos arranjos gerados por participantes do experimento de usabilidade, do tipo *Co-discovery* (KEMP;GELDEREN, 1996 e DUMAS;REDISH,1993), com relações espaciais quantificadas. A determinação de um método baseado nas etapas deste estudo de caso pode prever a multifuncionalidade para a concepção de um objeto, como o mobiliário.

Palavras-chave: Gramática de Formas, método, estudo de caso, mobiliário modular multifuncional

ABSTRACT

This research associates the Shape Grammar theory (STINY; GIPS, 1972) to modulation principles (Huang, 2000) as to structure a method for predicting the user's intervention in modular furniture arrays. The research object, the furniture Vertibral, designed by Joseph Keenan, is constituted by a set of four modules, consisting of 12 wood articulated linear frameworks allowing interpenetration (WONG, 1998) for modules arrangement. The research departs from the retrieval of the Vertibral design principles and follows four steps model: a) object's vocabulary analysis; b) identification and measurement of possible spatial relationships between two modules with matrices organization; c) generation exercise of formal rules and arrays from 232 computed spatial relations with ground plane reference; and d) comparison of produced arrays made for a usability experiment, according to Co-discovery method (KEMP; GELDEREN, 1996 and DUMAS; REDISH, 1993), with spatial relationships computed. The four stages method seems to have lead to a very high degree of success in creating reliable proxys for multi-functional furniture design.

Keywords: shape grammar, method, case study, modular multi-functional furniture

LISTA DE FIGURAS

		página
FIGURA 01	STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebels building gifts . Enviroment and Planning B. London, Volume 7, 1980, pág 417.	24
FIGURA 02	CHA, M, GERO, J. Shape Pattern Representation for Design Computation . 2006. p. 6	25
FIGURA 03	Ilustração da autora	26
FIGURA 04	Ilustração da autora	26
FIGURA 05	Ilustração da autora	27
FIGURA 06	STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebel's building gifts . Enviroment and Planning B. London, Volume 7, 1980, p. 446.	30
FIGURA 07	Extraído de STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebel's building gifts . Enviroment and Planning B. London, Volume 7, 1980, p. 446.	31
FIGURA 08	Extraído de STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebel's building gifts . Enviroment and Planning B. London, Volume 7, 1980, p. 446.	31
FIGURA 09	Extraído de STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebel's building gifts . Enviroment and Planning B. London, Volume 7, 1980, p. 446.	32
FIGURA 10	Extraído de STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebel's building gifts . Enviroment and Planning B. London, Volume 7, 1980, p. 446.	32
FIGURA 11	Ilustração da autora	34
FIGURA 12	Ilustração da autora	34
FIGURA 13	Móvel Birth , Design: Derin. Disponível no site < http:// www. twentieth.net >. Acessado em 03-09-2008, e ilustração da autora.	35
FIGURA 14	Móvel: Avesa Modular , Design: Manuel G. Vesa. Disponível no site < http://www.arcadiacontract.com/lib_images.php?product=avesa_modular >. Acessado em 03-09-2009, e ilustração da autora.	36
FIGURA 15	Móvel: BIRTH , Design: Derin. Disponível no site < http:// www. twentieth.net >. Acessado em 03-09-2008, e ilustração da autora.	36
FIGURA 16	Móvel: Hex , Design: Seed International. Disponível no site < http://www.seed-international.com/ >. Acessado em 07-09-2008, e ilustração da autora.	36
FIGURA 17	Móvel: Hex , Design: Seed International. Disponível no site < http://www.seed-international.com/ >. Acessado em 07-09-2008, e ilustração da autora.	37
FIGURA 18	Móvel: Origami WAL, Design: Reflex Angelo. Disponível no site < http://www.origamiblog.com/origami-wall-unit/2007/12/26/ >. Acessado em 07-09-2008, e ilustração da autora.	37
FIGURA 19	HUANG, Chun-Che. Overview of Modular Product Development . Laboratory of Intelligent Systems and Information Management, Department of Information Management, National Chi-Nan University. Puli, Taiwan. p.149-165 2000. p.149	39

FIGURA 20	FINKE, 1990 <i>apud</i> GERO, J.S. Creativity, Emergence and evolution in design: concepts and framework . Knowledge- Based Systems. p. 435-448. 1996	43
FIGURA 21	Móvel: Paesaggi Italiani - módulo de armários, Design:Edra. Disponível no site < http://www.edra.com/ >. Acessado em 25-09-2008, e ilustração da autora.	47
FIGURA 22	Móvel: Fossile storage - sistema de armazenamento Design: El Oulhani, Garzon e Sionis. Disponível no site < http://www.designspotter.com/product/2008/04/fossile_storage.php/ >. Acessado em 25-09-2008, e ilustração da autora.	48
FIGURA 23	Móvel: L_Zipr - assento, divisor de espaço, Design: Ivan Arnaudov. Disponível no site < http://www.designspotter.com/product/2008/08/Lzipr.html/ >. Acessado em 25-09-2008, e ilustração da autora.	49
FIGURA 24	Móvel: Lesezeichen - prateleiras Design: Underpartner.I Disponível no site < http://www.designspotter.com/product/2008/04/lesezeichen_boo.php > Acessado em 25-09-2008, e ilustração da autora.	49
FIGURA 25	Móvel: Vertibral , Design: Joseph Keenan, Disponível no site < http://www.esogroup.com.au/products/vertibral.php > Acessado em 09-11-2008. e ilustrações da autora.	54
FIGURA 26	Desenho das posições relativas ao solo do módulo Vertibral- ilustrações da autora.	57
FIGURA 27	GERSTING, J. L. Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação . Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2004.p.	59
FIGURA 28	Desenho das relações espaciais, grupo de simetria central- cíclico sem interpenetração, vista topo de translação- ilustrações da autora.	60
FIGURA 29	Desenho das relações espaciais, grupo de simetria central- diédrico sem interpenetração, vista topo de translação- ilustrações da autora.	61
FIGURA 30	Desenho das relações espaciais, friso horizontal sem interpenetração, vista topo de translação- ilustrações da autora.	62
FIGURA 31	Desenho das relações espaciais, friso vertical sem interpenetração, vista frontal de translação- ilustrações da autora.	63
FIGURA 32	Desenho das relações espaciais, friso horizontal com interpenetração, vista frontal de translação- ilustrações da autora.	64
FIGURA 33	Desenho das relações espaciais, friso horizontal com interpenetração, vista topo de translação- ilustrações da autora.	65
FIGURA 34	Desenho das relações espaciais, friso vertical com interpenetração, vista frontal de translação- ilustrações da autora.	66
FIGURA 35	Esquema de resumo da quantificação das relações espaciais.	68
FIGURA 36	Legenda dos símbolos e abreviações dos projetos generativos	70
FIGURA 37	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº49, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	71

FIGURA 38	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº109, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	72
FIGURA 39	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº134, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	73
FIGURA 40	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº196, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	74
FIGURA 41	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº221, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	75
FIGURA 42	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº224, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	76
FIGURA 43	Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº230, com diferentes regras formais e marcadores. - ilustrações da autora.	77
FIGURA 44	Modelo funcional do objeto de investigação do estudo de caso- <i>Vertibral</i> .- foto da autora	82
FIGURA 45	Planta utilizada como plano de fundo para realização do experimento- contexto- ilustração da autora	82
FIGURA 46	Manequim articulado de madeira- escala - foto da autora	83
FIGURA 47	Evento retirado da tabela do experimento com a dupla 01	90
FIGURA 48	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 03:35 – foto da autora	115
FIGURA 49	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 05:28 – foto da autora	115
FIGURA 50	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 05:54 – foto da autora	115
FIGURA 51	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 07:06 – foto da autora	115
FIGURA 52	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 08:53 – foto da autora	116
FIGURA 53	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 11:37 – foto da autora	116
FIGURA 54	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 12:29 – foto da autora	116
FIGURA 55	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 14:10 – foto da autora	116
FIGURA 56	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 14:43 – foto da autora	117
FIGURA 57	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 15:22 – foto da autora	117
FIGURA 58	Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 17:05 – foto da autora	117
FIGURA 59	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 04:07 – foto da autora	118
FIGURA 60	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 05:51 – foto da autora	118
FIGURA 61	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 06:11 – foto da autora	118
FIGURA 62	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 07:18 – foto da autora	118

FIGURA 63	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 09:45 – foto da autora	119
FIGURA 64	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 10:14 – foto da autora	119
FIGURA 65	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 12:32 – foto da autora	119
FIGURA 66	Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 13:36 – foto da autora	119
FIGURA 67	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 05:46 – foto da autora	120
FIGURA 68	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 05:59 – foto da autora	120
FIGURA 69	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 07:47 – foto da autora	120
FIGURA 70	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 10:02 – foto da autora	120
FIGURA 71	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 13:36 – foto da autora	121
FIGURA 72	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 16:28 – foto da autora	121
FIGURA 73	Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 17:47 – foto da autora	121

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 parte 01	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 01	105
TABELA 01 parte 02	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 01	106
TABELA 01 parte 03	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 01	107
TABELA 01 parte 04	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 01	108
TABELA 02 parte 01	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 02	109
TABELA 02 parte 02	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 02	110
TABELA 02 parte 03	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 02	111
TABELA 03 parte 01	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 03	112
TABELA 03 parte 02	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 03	113
TABELA 03 parte 03	transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade- dupla 03	114

Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

INTRODUÇÃO

Manzini, em "A Matéria da Invenção" (1993), sugere que a "integração das funções" é tendência contemporânea. Os objetos tendem a ter funções associadas a partir de um sistema de relações e sinergias possíveis que devem ser controlados desde a sua concepção. Para o autor, a formulação de métodos de projetos está relacionada a numerosos processos, tais como receber e processar estímulos e selecionar modelos de pensamento. Pensar "as possibilidades" constitui a base das atividades do design e, necessariamente, o usuário deve fazer parte destes percursos.

O usuário tem sido apontado como o centro do processo de desenvolvimento de objetos, o que se reflete na interpretação e tradução de suas demandas. A necessidade de focar no contexto de uso dos objetos, relação entre o ser humano e o artefato, é apontada como um modo de buscar a "pluralidade de soluções" (FOLZ, 2008 p.86). Folz (2002) identificou que a aplicação dos conceitos de flexibilidade e modulação ao mobiliário exige práticas projetuais com uma carga muito grande de instrumentação metodológica. Tal instrumentação metodológica serviria como subsídio, por exemplo, na concepção de mobiliário adequado as alterações frequentes do espaço doméstico contemporâneo.

As demandas contemporâneas de mobilidade dos usuários, nascidas da mudança no perfil das estruturas familiares (residências para solteiros, casais sem filhos e grupos sem laços conjugais ou parentesco) e das novas relações trabalhistas (resultado das

possibilidades de comunicação via internet), por exemplo, têm conduzido a um incremento no número de atividades desenvolvidas no interior da habitação.

A adição de atividades sem o aumento das dimensões do espaço traz, como consequência, a necessidade da adequação do mobiliário à diversidade da ocupação: a cama torna-se um sofá-cama: objetos se replicam e se espelham, desaparecem, com a intervenção programada de um usuário (BAUDRILLARD, 1969). Como reforçam Tramontano e Nojimoto (2003), o dimensionamento das novas habitações está cada vez mais diminuto e gera sobreposição de funções no mesmo espaço/tempo: a mesa de refeições, muitas vezes, é a mesma mesa de trabalho.

A estocagem de número cada vez maior de equipamentos para atender a necessidades específicas, gera demandas de armazenamento de difícil previsão (GUALLART, 2004). O atendimento destas demandas envolve a modelagem do problema e simulação das possíveis soluções no âmbito do projeto tanto do espaço quanto do mobiliário a ser utilizado neste espaço.

MODELAGEM DO PROBLEMA

Um objeto pode ser pensado em sua capacidade interativa, durante a fase de projeto, para que o usuário possa configurá-lo de diversas maneiras, atendendo a diferentes funções.

A multifuncionalidade de um objeto é determinada pela emergência de funções, ou seja, pelo seu grau de *affordances*

(GIBSON, 1986), entendidas como as possibilidades de relacionamento que um objeto e o ambiente em que está inserido oferecem ao usuário. Segundo Tversky (2004), *affordances* são relações entre percepção e ações em potencial.

A interatividade entre usuário e mobiliário é mediada pela percepção visual que determina possibilidades de ação. Para Gibson (1986), o usuário percebe *affordances*, ao invés das qualidades dos objetos; percebe o seu comportamento associado às características do ambiente e do mobiliário.

A utilização de um método voltado à previsão da multifuncionalidade em objetos contemporâneos, como o mobiliário, possibilita a geração de alternativas para a antecipação das possibilidades de atendimento de requerimentos do usuário.

O problema da pesquisa se estabelece a partir de um modelo teórico¹ da ação projetual, que aproxima a ação do usuário, da formulação de um método para a antecipação de alternativas de configuração dos módulos. O modelo teórico, baseado no relacionamento entre a teoria da **Gramática de Formas** (STINY e GIPS, 1972) e a **modulação** (HUANG, 2000) envolve o processo de geração de alternativas para prever a interatividade do usuário num sistema complexo².

¹ Um modelo teórico é uma representação do objeto de investigação através de seus aspectos e relações da realidade observada pelo pesquisador. Sendo uma mediação entre a teoria e a experiência, nenhum modelo é uma representação completa e precisa da realidade, pois é influenciada pela posição do observador. (GEUS, 1994)

² Sistemas complexos permitem composições diversificadas com infinitas

A **Gramática de Formas** (*shape grammar*) surgiu da interpretação da Teoria Linguística de Noam Chomsky³, por George Stiny e James Gips para descrever e gerar linguagens⁴ de projetos em duas e três dimensões. Conforme STINY (1980 a e b), Gramática de Formas é a associação de um **vocabulário** (conjunto de **formas** pré-estabelecidas, que combinadas possuem **relações espaciais**) a um conjunto de **regras**, que determina como e onde os elementos deste vocabulário podem ser combinados para formar sistemas que, por sua vez, constituem **estruturas** de formas mais complexas, dentro de uma mesma linguagem de projeto.

Segundo Knight (1999), existem três aplicações para a Gramática de Formas: síntese (de projeto sem referências prévias, "*from scratch*"), análise (de um exemplar, para extrair suas regras e vocabulário e criar alternativas análogas na mesma linguagem) e síntese/análise combinadas (extração de regras e vocabulário através da análise de exemplares e utilização destes em conjunto ou separadamente com outros propósitos) que são utilizadas nesta dissertação.

Gips (1999), quando categoriza as possibilidades de aplicações computacionais relacionadas à Gramática de Formas estabelece uma

combinações de funções para adequação em diferentes meios (BERTALANFFY,1977).

3 Linguista do MIT (Massachusetts Institute of Technology) que em 1955 apresenta a gramática generativa no livro *Logical structures of linguistic theory*.

4 Linguagem em arquitetura e design refere-se ao estilo formal do autor de projeto. Como o arquiteto ou o designer materializam ou representam formalmente as soluções necessárias para o desenvolvimento de determinado requisito de projeto.

diferenciação entre duas categorias que utilizam o princípio da síntese e da análise combinadas: a inferência (generalização, através da observação, em que uma gramática determina a existência de outras ocorrências) e o projeto generativo (definição de regras a partir da análise de outras gramáticas para serem usadas no processo de projeto). A inferência, por exemplo, foi usada por Duarte (2005) quando propôs um modelo computacional para a customização de habitações sociais baseada na análise da gramática de trinta e cinco casas em Malagueira, Portugal, projetadas por Álvaro Siza. No projeto generativo, o papel principal do designer é o de criar as regras de composição que, quando aplicadas, podem gerar não apenas um, mas diversos objetos com características semelhantes que proporcionam possibilidades de escolha entre diferentes alternativas projetuais (KNIGHT, 1999; CELANI, 2005). Exemplos desta aplicação são (i) a enumeração de composição de ambientes de possíveis vilas palladianas baseada na fixação da dimensão dos espaços a partir de traçados moduladores determinados (STINY e MITCHELL, 1978 b) e (ii) a enumeração de possibilidades de composição de ambientes de tribunais federais norte-americanos através da combinação de tríades espaciais (GRASL;ECONOMOU;BRANUN, 2009).

Knigh, em 1999, identificou que trabalhos científicos relacionando síntese e análise de Gramática de Formas tinham grande possibilidade de exploração prática, embora não estivessem sido utilizados com frequência.

A Gramática de Formas pode ser aplicada a diversos *corpora* de objetos. Sua exploração começou com síntese aplicada às artes

plásticas (STINY e GIPS, 1972) e à análise de gradis chineses de ornamento para janelas (STINY, 1977). Constata-se alta incidência de estudos em arquitetura, relacionada à obra de arquitetos como Andrea Palladio (STINY e MITCHELL, 1978 a), Frank Lloyd Wright (KONING; EIZENBERG, 1981), Álvaro Siza (DUARTE, 1999), Oscar Niemeyer (MAYER, 2003), Vilanova Artigas (WEBER, 2005), João Filgueiras Lima (WESTPHAL, 2007). Projetos vernaculares também são estudados, como casas de chá japonesas (KNIGHT, 1981), casas taiwanesas (CHIOU e KRISHNAMURTI, 1995), bangalôs em Buffalo (DOWNING e FLEMMING, 1981), casas no estilo da Rainha Anne (FLEMMING, 1987), casas bósnias (COLAKOGLU, 2003), projeto urbano colonial português dos séculos XVI ao XVIII (PAIO e TURKIENICZ, 2009) e fachadas inclinadas modernas brasileiras (CYPRIANO e CELANI, 2008). Uma boa parcela de estudos em design utiliza a Gramática de Formas como paradigma. Exemplos são os trabalhos publicados sobre *design* de produtos, como geração de encostos de cadeiras estilo *Hepplewhite* (KNIGHT, 1980), voltados à criação de padrões *Tartan* escoceses (WOODBURY et al, 1992), descrição e geração de linguagem de cafeteiras domésticas (ARGWAL e CAGAN, 1998), geração de motocicletas estilo *Harley- Davidson* (PUGLIESE e CAGAN, 2001) e geração automóveis estilo *Buick* (McCORMACK, CAGAN e VOGEL, 2004). Pesquisas recentes voltadas à prática projetual envolvem a automatização de alternativas de plantas residenciais em Mardin, Turquia, como fase de projeto preliminar (TORUS e COLACOGLU, 2009) e o desenvolvimento de ferramenta computacional para automatização de arranjos de *containers* utilizados como abrigo residencial em casos de desastres (SENER e TORUS, 2009).

Para Huang (2000), **modularidade** é a capacidade de objetos seriados combinados produzirem um todo variado na sua forma, função e ou materialidade. Para Ulrich e Eppinger (2008) a modularidade é definida a partir de duas características de projeto: similaridade entre termos funcionais e físicos. Frequentemente, a modularidade é mencionada como meta de concepção de projeto de produtos, por proporcionar a possibilidade de criação de módulos independentes, permutáveis e padronizados que atendem a uma maior gama de requerimentos (HUANG,2000).

A correlação dos conceitos de Gramática de Formas e de modularidade pretende estabelecer a modelagem de um sistema que permita a interação do usuário através da combinação de módulos, com o objetivo de atender diversas demandas funcionais. A modelagem baseia-se na recuperação da gênese do projeto *Vertibral*, que permitem diversas possibilidades de combinação e uso, criado por Joseph Kenan na Austrália em 2007. O *Vertibral* é conjunto de quatro módulos articulados, cada módulo é composto por 12 requadros lineares de madeira.

A inferência, a partir da análise do vocabulário do objeto da investigação *Vertibral* permitirá:

1. identificar as relações espaciais de composição;
2. quantificar as alternativas de relações espaciais com a organização de matrizes;
3. gerar regras formais a partir das relações espaciais

quantificadas;

4. gerar arranjos e comparar os arranjos gerados com as escolhas dos potenciais usuários no experimento de usabilidade com um protótipo funcional do mesmo objeto.

O método de antecipação de alternativas a ser modelado nesta pesquisa poderá converter-se em ferramenta para a implementação do paradigma da Gramática de Formas na produção de objetos.

A dissertação estrutura-se em quatro capítulos:

O primeiro capítulo trata da revisão da literatura sobre Gramática de Formas e modulação e fundamentos teóricos para a análise do projeto *Vertibral*. O segundo, Material e Métodos, apresenta a estruturação do método de pesquisa adotado, descreve o objeto de investigação, caracteriza a aplicação conjunta dos conceitos da Gramática de Formas, modulação e explicita o modelo de usabilidade utilizado para testar a interface entre usuários e objeto. O terceiro capítulo descreve a análise dos resultados e o quarto e último, as conclusões: formula-se as bases para o método de antecipação de alternativas e são sugeridas possibilidades de continuidade da pesquisa.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 GRAMÁTICA DE FORMAS

Mitchell (1992) define o projeto generativo como resultante de um procedimento lógico-matemático que ocorre num plano abstrato, regido por regras semânticas e sintáticas. As regras semânticas referem-se à significação e à interpretação dos elementos projetuais; as regras sintáticas referem-se às relações formais de estruturação, ordem e subordinação destes elementos. Seguindo a conceituação, a Gramática de Formas estrutura maneiras de combinar formas, manipuladas a partir de regras, para gerar diversos projetos, seguindo uma mesma linguagem (CHA e GERO, 2006).

Stiny (1980 b) descreve o desenvolvimento dos conceitos da Gramática de Formas divididos em cinco estágios. A descrição é ilustrada com os blocos tridimensionais de construção infantil do pedagogo austríaco Fröbel⁵. As peças do jogo Fröbel são tratadas, por Stiny (1980 b), como módulos do processo de construção de uma gramática, a partir do qual são definidas as seguintes etapas:

⁵ Os blocos de construção Fröbel são uma série de 13 jogos geométricos que podem ser apresentados às crianças em seqüência e à medida que as propriedades e as possibilidades de arranjo de cada etapa são solucionadas

1. **Vocabulário:** conjunto limitado de formas⁶ similares (figura 01).

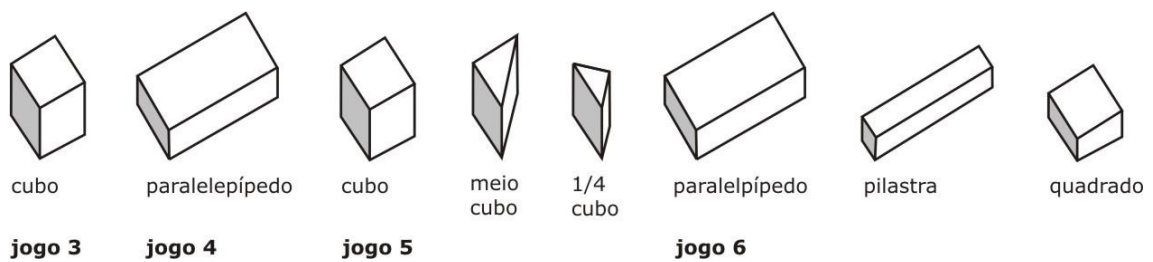


FIGURA 01- Vocabulário de formas dos blocos construtivos Fröebel

A descrição de um vocabulário se dá pela identificação das formas primitivas e, conseqüentemente, das possibilidades de composição estabelecidas no estágio de desenvolvimento da gramática que trata das relações espaciais (STINY, 1980 b).

Stiny (1976), Cha e Gero (2006) estabeleceram relações de complexidade do vocabulário ao desagregar formas em subformas (figura 02a). Existem, entretanto, formas que não podem ser decompostas em subformas: são as primitivas (figura 02b) (quadrados, círculos e triângulos isósceles). Formas também podem ser agrupadas, a partir de suas propriedades visuais em grupos (figura 02c) ou famílias de formas.

⁶ Forma é um arranjo finito de linhas que podem ser retas ou curvas, conectadas ou desconectadas, abertas ou fechadas, constituindo estruturas bi-dimensionais ou tridimensionais (CHA; GERO, 2006).

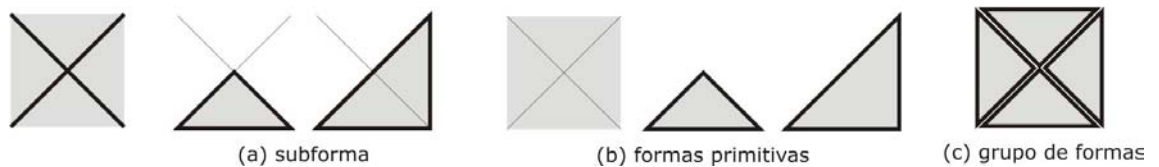


FIGURA 02- Subforma, formas primitivas e grupo de formas

2. **Relações espaciais** pressupõem um vocabulário combinado a partir de operações booleanas, transformações isométricas e, ou, paramétricas. Qualquer vocabulário pode apresentar inúmeras possibilidades de relações espaciais estabelecidas quando um vocabulário definido (gramática sintética) ou identificado (gramática analítica) é combinado, criando qualquer arranjo, no qual a unidade é reconhecida através da identificação de suas possibilidades de composição (STINY, 1980b).

Na gramática de formas, operações booleanas consistem na geração de novas formas através da combinação de primitivas por operadores booleanos⁷ (STINY, 1980a) de a) união de formas, b) diferença de formas e c) interseção de formas. Durante a adição de formas tridimensionais pode ocorrer interpenetração (STINY, 1980b), quando um vocabulário permite que formas se interpenetrem criando uma ambiguidade espacial: parte de uma forma fica dentro do espaço tridimensional definido por outra forma (WONG, 1998). As operações booleanas são ilustradas na figura 03.

7

O termo surgiu a partir da formulação da álgebra de George Boole (1814-1864), matemático inglês.

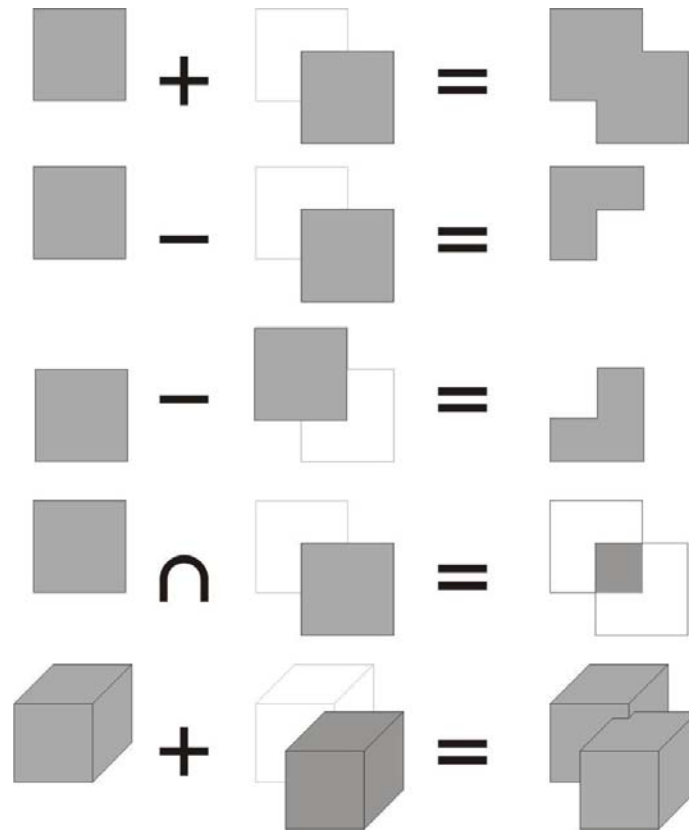


FIGURA 03- Operações booleanas: adição, subtração, intersecção e o fenômeno da interpenetração.

Transformações isométricas – "...são operações fechadas que transformam uma forma em outra forma sem que se perca alguma propriedade", através da preservação da geometria e do tamanho da forma, alterando sua posição no espaço cartesiano, como na figura 04 (CHA e GERO,2006, p.7).

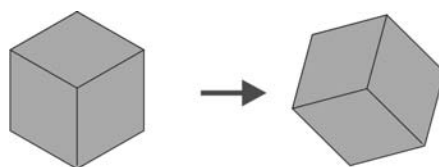


FIGURA 04- Transformações isométricas

Transformações paramétricas - são transformações que agem sobre os parâmetros geométricos de uma forma (figura 05), como ângulos, posições de vértices e dimensões, por exemplo. (STINY, 1976).

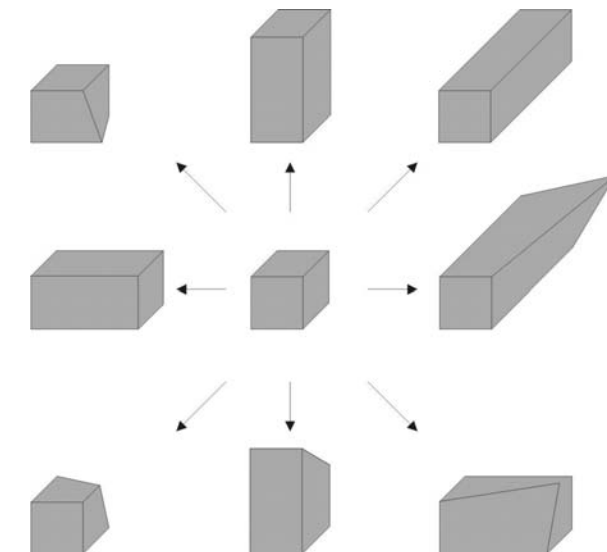


FIGURA 05- Transformações paramétricas

A criação de objetos, seguindo a abordagem da Gramática de Formas, parte de um vocabulário e de relações espaciais que podem ser finitas ou infinitas, devido às escolhas tomadas durante os estágios de desenvolvimento de projeto (STINY, 1980a). Para que os resultados projetuais sejam finitos é necessário que exista delimitação das relações espaciais e dos locais de aplicação das regras (próxima etapa do programa de desenvolvimento de STINY, 1980b). Por exemplo, em alguns casos, pode ser mais adequado definir relações espaciais a partir de requisitos projetuais (funcionais, ergonômicos, estabilidade mecânica, por exemplo), como sugere Stiny (1980b), para atendimento de demandas reais de projeto.

“Não existe um sistema fixo de relações espaciais que possa ser usado para compreender todas as possibilidades

projetuais, nem há projetos que não possam ser entendidos em termos de uma variedade de diferentes relações espaciais. Maneiras de ver projetos podem parecer instintivas e invariáveis para o observador inexperiente enquanto que, para o designer experiente, constituirão conhecimento adquirido e variável. (STINY, 1980 B, p. 425).

3. **Regras formais** constituem aprofundamento das relações espaciais que fixam os locais de aplicação das operações e ou transformações. Os locais de aplicação das regras são definidos por marcadores (símbolos) que incidem na forma inicial ou sobre um estágio prévio de derivação para definir onde a regra deve ser aplicada ou até mesmo determinar o encerramento da aplicação das regras formais.

As regras geram arranjos de modo não definitivo e podem ser aplicadas recursivamente (STINY, 1976): a cada estágio da derivação de um projeto, uma nova regra, pode ser empregada ao arranjo anterior. As regras podem ser modificadas, sistematicamente, para definir novas possibilidades de projeto que refletem requisitos projetuais, como por exemplo, como estabelecer conexões funcionais (MITCHELL, 1992).

4. **Formas iniciais** pertencem ao vocabulário. São os elementos iniciais da construção da concepção de um projeto, os locais de incidência das regras formais, que mantém a localização, orientação e tamanhos definidos em um sistema de coordenadas, não necessariamente explícito (STINY, 1980b). Uma condição inicial de derivação da gramática, também pode ser definida por somente um marcador inicial em um plano de coordenadas.

5. **A Gramática de Formas** resulta do desenvolvimento de um sistema generativo de projeto que percorre todas as fases anteriores e incorpora a ideia de desenvolvimento. Uma derivação, conjunto dos estágios que ocorrem na geração de uma linguagem, é delimitada por um marcador final, que determina onde se encerra o processo de desenvolvimento de um projeto.

Stiny e Gips (1972) definem a Gramática de Formas, *shape grammar*, como uma seqüência ordenada de elementos dada por:

$SG = (V_t, V_m, R, I)$, na qual:

- V_t é o vocabulário;
- V_m são os marcadores usados para controlar a aplicação das regras. Os marcadores podem ser iniciais (delimitam o início da derivação), espaciais (delimitam a partir de que ponto a regra deve ser aplicada) e terminais (determinam o fim da derivação);
- R são as regras, definidas a partir das relações espaciais possíveis. As regras são representadas por pares ordenados (u, v) , onde o primeiro elemento determina a condição para a aplicação da regra e o segundo elemento determina o resultado da aplicação da regra.
- I é forma inicial sobre a qual se inicia o processo de aplicação das regras (vocabulário ou marcador).

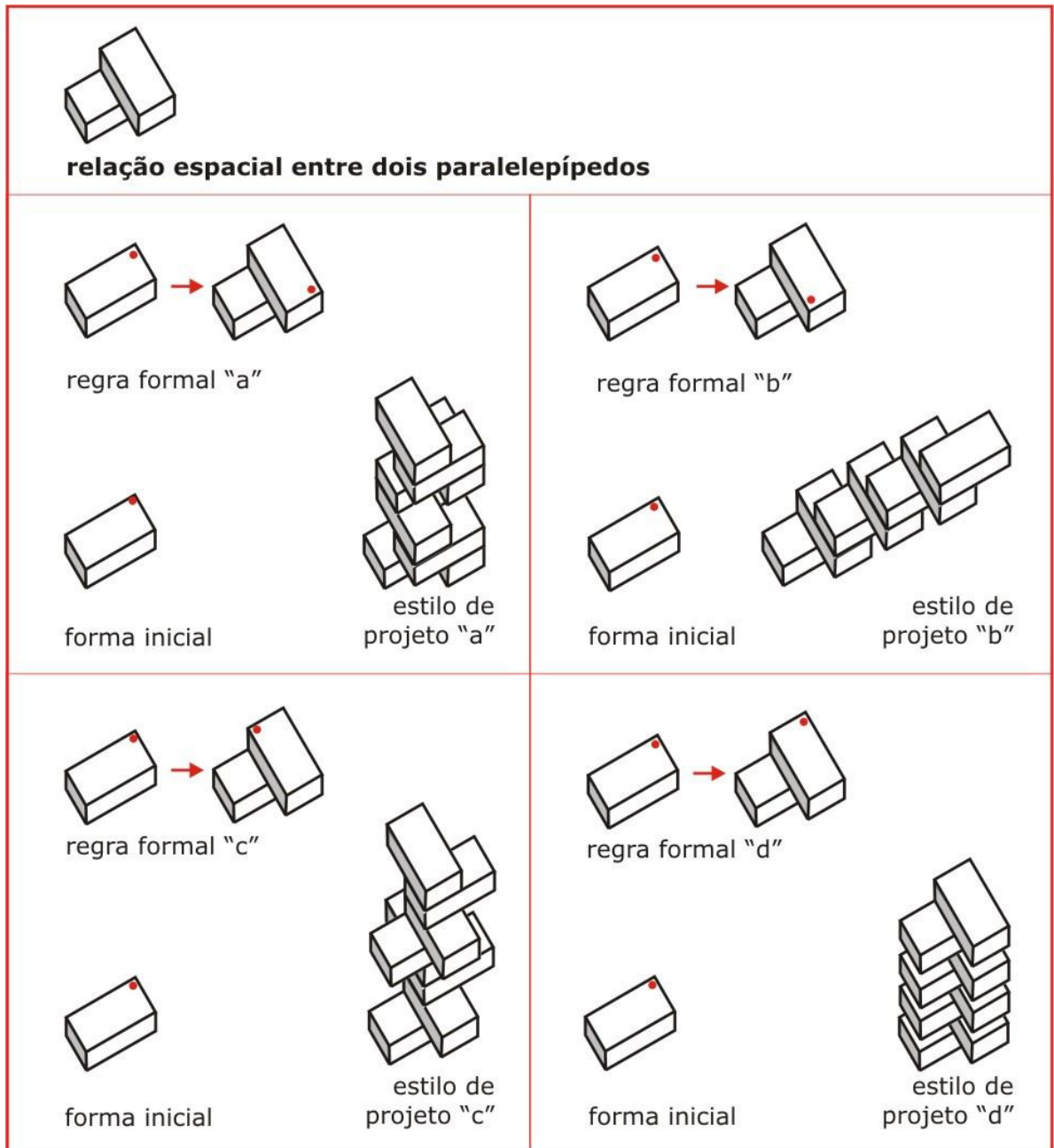


FIGURA 06 – arranjos gerados a partir de uma relação espacial, uma forma inicial e com diferentes regras formais e marcadores.

Como ilustrado na figura 06, a construção de uma derivação acontece em etapas:

Um vocabulário de formas é determinado para possibilitar o estabelecimento das relações espaciais (figura 07);

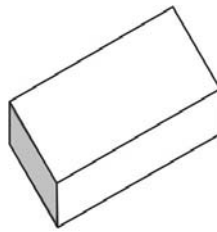


FIGURA 07 – vocabulário

Com a investigação das possibilidades de combinação do vocabulário, as relações espaciais entre as formas do vocabulário são determinadas (figura 08);

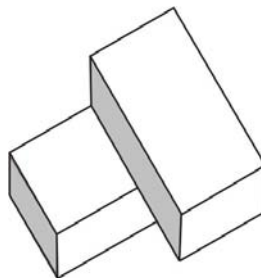


FIGURA 08 – relação espacial

As regras formais são especificadas a partir da fixação dos locais com um marcador espacial para aplicação das relações espaciais já determinadas em uma forma inicial ou em um marcador inicial (figura 09);

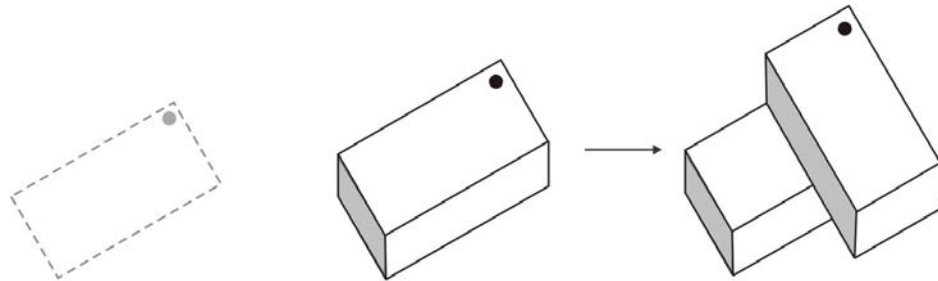


FIGURA 09 – marcador inicial e regra formal

Começa assim o processo de derivação das regras a partir de uma forma inicial. Uma mesma regra pode ser aplicada recursivamente ou novas regras podem ser introduzidas ao estágio de derivação anterior até que seja determinado que a composição está pronta com um marcador terminal (figura 10).

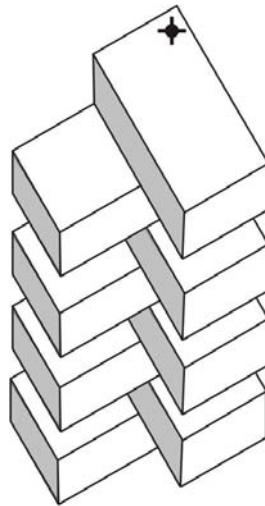


FIGURA 10 – composição gerada com marcador terminal

A aplicação do programa para definição da linguagem de um projeto de Stiny (1980b), baseado nas cinco etapas descritas (vocabulário, relação espacial, regra formal, forma inicial e projeto generativo) poderá gerar, quando na gramática sintética - baseada no

princípio de que poucas regras simples podem produzir uma multiplicidade de arranjos complexos - desde arranjos de baixa complexidade até estruturas altamente complexas, para atendimento de funções diversas (KNIGHT, 1995). O resultado da linguagem gerada pela aplicação Gramática de Formas é um conjunto potencialmente infinito a partir de formas finitas (STINY e GIPS, 1972).

Para Knight (1995) uma maneira de projetar com eficiência, utilizando Gramática de Formas, parte da compreensão de que regras formais de uma gramática interferem, diretamente, em requerimentos projetuais. Esta compreensão pode antecipar a eliminação de relações espaciais que não atendam a requisitos projetuais, como na compatibilização entre forma e função (CELANI, 2005), por exemplo. Para que o designer tenha domínio das relações espaciais e, conseqüentemente, das regras de um projeto é preciso que ele tenha domínio dos fundamentos de simetria (KNIGHT, 1995). O domínio dos fundamentos de simetria permite a identificação de diferentes relações espaciais para exploração consciente de diferentes possibilidades projetuais através do espaço e do tempo (DIN, 2008).

1.2 SIMETRIA

Simetria, na matemática moderna, é definida por grupos de transformações euclidianas⁸. Para Cha e Gero (2006), as transformações euclidianas podem ser paramétricas (escala-figura

⁸ As transformações euclidianas se referem à geometria euclidiana. Euclides de Alexandria foi o primeiro a postular sistematicamente sobre geometria.

11) ou isométricas (identidade, translação, rotação e reflexão-figura 12).



FIGURA 11- Transformação paramétrica: escala.

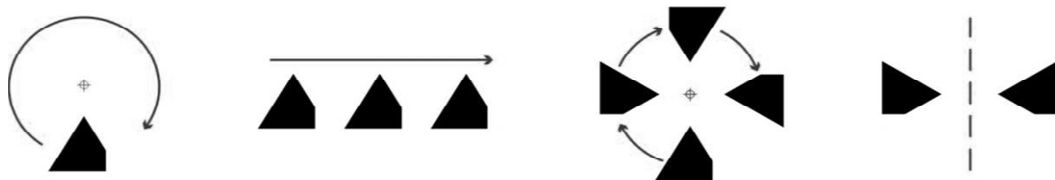


FIGURA 12 - Grupos de transformação isométrica: identidade, translação, rotação e reflexão especular respectivamente.

As transformações euclidianas paramétricas ocorrem quando uma forma muda de tamanho a partir de um fator de multiplicação sem alteração de outras propriedades como orientação, localização e geometria da forma. As transformações euclidianas isométricas preservam a geometria da forma, o tamanho, mas alteram a localização e orientação (MITCHELL,1992).

Segundo Mitchell (1992) e Munari (1997), identidade é a sobreposição de uma forma, sobre si mesma ou a rotação de 360 graus sobre o seu eixo. A translação é a repetição de uma forma ao longo de uma linha. A rotação é o giro da forma em torno de um eixo com qualquer localização. A reflexão especular é a simetria bilateral, o reflexo total da imagem da figura em um espelho.

March e Steadman (1971) apresentam os grupos de simetria

plana (17 diferentes alternativas), classificados a partir do sentido da sua estrutura de translação e da combinação das possibilidades de transformação isométrica, e os grupos de simetria cristalográfica (230 diferentes alternativas), classificados a partir de grupos centrais não translacionais.

Os três diferentes grupos de simetria plana são: central, friso e papel de parede (KNIGHT, 1995 e 1999b). Os exemplos de mobiliário que, a seguir, ilustram grupos de simetria plana apresentam três dimensões, porém são estruturados a partir dos grupos de simetria plana: geometricamente, são compostos por figuras planas extrudadas sem variação direcional no terceiro eixo.

Os dois subgrupos de simetria central são o cíclico, com repetições de rotação simples (figura 13) que mantém invariante a geometria da forma, e o diédrico (figura 14), que acrescenta a reflexão especular ao exemplo anterior (MARCH e STEADMAN, 1971 e SCHATTSCHEIDER, 1978).



FIGURA 13- Mobiliário modular com arranjo cíclico e representação da transformação isométrica.

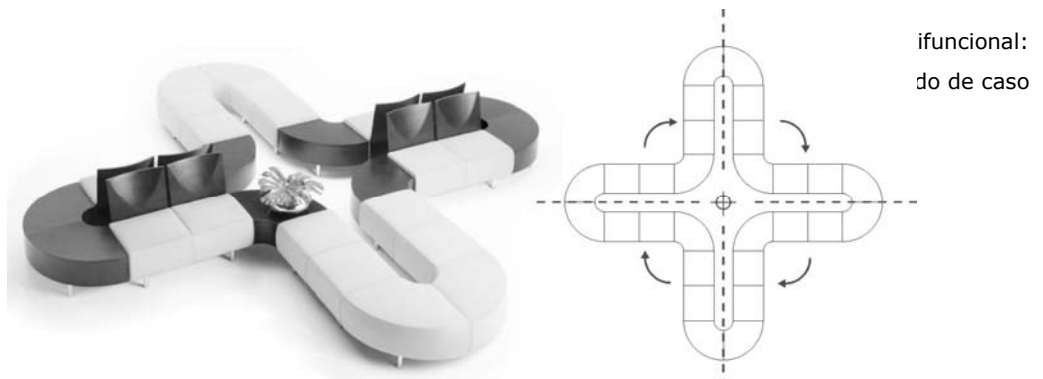


FIGURA 14- Mobiliário modular com arranjo diédrico e representação da transformação isométrica.

Os sete subgrupos de frisos são baseados nas combinações de possibilidades de rotação, reflexão especular e translação em apenas uma direção (figuras 15 e 16) (MARCH e STEDMAN, 1971; SCHATTSCHEIDER, 1978).



FIGURA 15 - Mobiliário modular com arranjo em friso e representação da transformação isométrica.

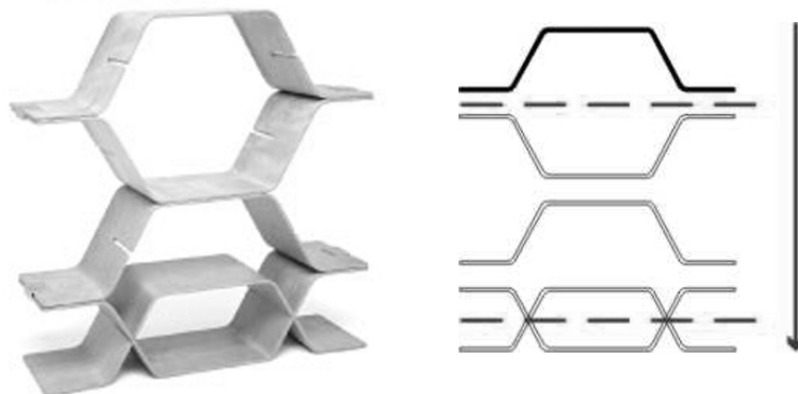


FIGURA 16 - Mobiliário modular com arranjo em friso e representação da transformação isométrica.

Os dezessete subgrupos de papel de parede abrangem todas as combinações de transformações isométricas que tendem ao

Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

infinito, em todas as direções, preenchendo o plano (figura 17 e figura 18), como esclarecido por Devlin (1997). Para a identificação dos subgrupos é importante esclarecer que, para cada padrão, pode-se construir uma malha reticulada de pontos. Os padrões das malhas são baseados em paralelogramas (2), retângulos (5), rombos (2), quadrados (3) e hexágonos (5) (SCHATTSCHEIDER,1978).

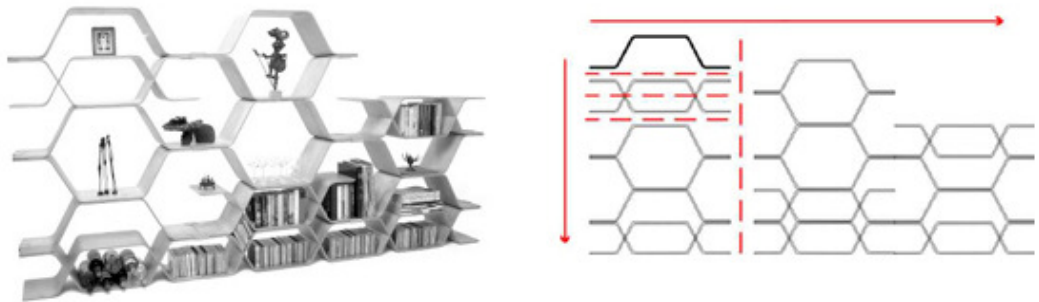


FIGURA 17-. Mobiliário modular com arranjo em papel de parede e representação da transformação isométrica.

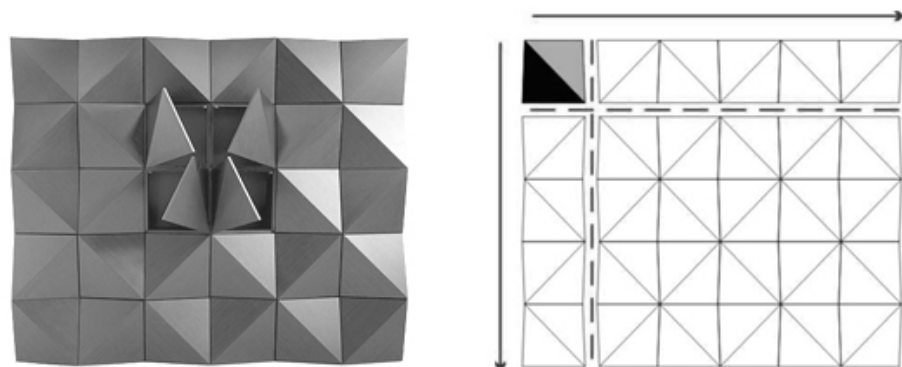


FIGURA 18- Mobiliário modular com arranjo em papel de parede e representação da transformação isométrica.

Resumidamente, a concepção moderna de simetria se desenvolve em torno da noção de repetição e é um conceito estritamente geométrico e preciso (DIN,2008). Stiny (1980b), Siqueira (2006), Mitra e Pauly (2008) identificam a relação direta entre modulação e o conceito de simetria, na qual o módulo é a base de um sistema que gera, através de operações modulares, configurações mais complexas de estruturação de elementos.

1.3 MODULARIDADE

Sob a ótica da engenharia de produção⁹, a modularidade é relativa à estruturação do objeto (DAHMUS et al, 2001), ou seja, sua arquitetura, que pode ser integrada ou modular. Objetos podem ser pensados como sistemas compostos por subsistemas a partir de peças, partes, elementos ou componentes (HUANG, 2000). Um objeto com arquitetura integrada (figura 19 a) precisa de várias partes para desempenhar uma função (PAHL *et al*, 2005). Já um objeto com arquitetura o mais modular possível, é aquele que cada requerimento funcional, pode ser implementado por um módulo como no exemplo da figura 19 b, no qual, cada unidade de armazenamento corresponde a um módulo do armário.

⁹ Os conceitos de módulo e modularidade abrangem diversas áreas do conhecimento, como física, informática e música, por exemplo. Neste trabalho, os conceitos de modularidade e modulo, serão vinculados principalmente à suas utilizações em arquitetura e engenharia.

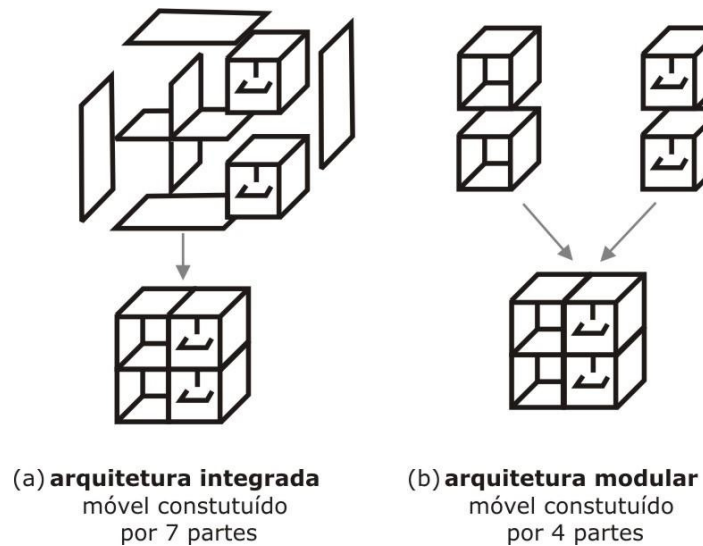


FIGURA 19- Arquitetura integrada x arquitetura modular

Modularidade, neste contexto, pode ser conceituada a partir de dois enfoques: a similaridade entre características físicas e funcionais do objeto (ULRICH e EPPINGER, 2008); e a minimização do grau de dependência entre os componentes de um objeto no momento da manufatura (ERICSSON e ERIXON, 1999).

O objetivo da produção modular é criar a flexibilidade que permite variações nos objetos sem requerer mudanças drásticas de projeto cada vez que uma pequena mudança for introduzida. Um grande número de objetos pode ser produzido fazendo-se diferentes combinações de módulos, dentro de uma mesma estrutura modular. Portanto, modularidade, na engenharia de produção, se caracteriza pela relação entre o aumento da eficiência e a redução da complexidade produtiva (ERICSSON e ERIXON, 1999 e HUANG,2000).

Na arquitetura, a modularidade é relacionada a duas abordagens distintas, mas não excludentes (CHING, 1999). A partir

do sistema de construção arquitetônica, módulo é um componente padronizado, intercambiável, que pode ser usado em repetição e utilizado na montagem de elementos de tamanhos, complexidades ou funções diferentes. (CLARK e PAUSE,1997). Já o projeto modular é caracterizado pela utilização de coordenação modular com vistas à facilidade de montagem, à diversidade de arranjos e à variedade de aplicações. O conceito está relacionado à utilização de medidas pré-estabelecidas para padronizar o dimensionamento de todos os itens da composição arquitetônica (CHING, 1999).

Ao encontro deste último conceito, Le Corbusier (2004) descreve a ocorrência dos traçados reguladores e do módulo na arquitetura desde os tempos primitivos. Para o autor os traçados reguladores compatibilizam o ofício do arquiteto com o de outros profissionais, como pedreiros e marceneiros, por exemplo. Montaner (2002) identifica o projeto baseado na coordenação modular como um dos critérios projetuais essenciais para a arquitetura da sociedade de massa, por possibilitar a flexibilidade de funções, através da decomposição de sistemas em elementos básicos e a complexidade a partir do simples.

1.4 MULTIFUNCIONALIDADE

Para discorrer sobre multifuncionalidade, é preciso referir os conceitos relacionados às classes de variáveis de projeto descritas por Rosenman e Gero (1996) e por Gero e Kannengiesser (2004): Propósito, Comportamento, Estrutura e Função

O Propósito esclarece o porquê do objeto cumprir determinada função. O Comportamento descreve como o objeto cumpre a sua função, o quê o objeto faz. A Estrutura explicita como o objeto cumpre determinada função. A Função define para o quê o objeto é feito.(GERO e KANNENGIESSER,2004).

Rosenman e Gero (1996, p. 8) resumem... "A estrutura apresenta o comportamento, afeta a função e habilita o propósito. O propósito é ativado pela função, é atingido por um comportamento e é exibido pela estrutura."

O propósito é relativo ao ambiente sócio cultural. O comportamento manifesta-se como resultado da interação entre a estrutura do objeto e seu contexto. A estrutura de um objeto é relacionada ao seu aspecto físico, sua geometria (ROSENMAN e GERO, 1996).

Kroes (2001) conceitua a função de um objeto como um meio para atingir um fim dentro de um contexto de uso. Uma função é atribuída a um objeto por um usuário e não, necessariamente, está relacionada às suas propriedades físicas. Logo, há uma independência entre a descrição física de um objeto e a sua função.

O conceito de Kroes difere do conceito de classes de variáveis de projeto estabelecida por Gero e Kannengiesser (2004), no qual a função e a sua descrição física estão diretamente relacionadas.

Preston, (1998) por sua vez, cria uma distinção entre dois tipos de funções: a função apropriada e a função de sistema. A

função apropriada é aquela para qual o objeto foi concebido a desempenhar e está relacionada aos conceitos de função, comportamento, estrutura e propósito de Gero e Kannengiesser (2004). Entretanto, o conceito de função de sistema é baseado nas capacidades de usos atuais dos objetos, independentemente da função para qual o objeto foi projetado ou da maneira que adquiriu estas capacidades (PRESTON, 1998).

O conceito de função de sistema se aproxima dos conceitos de emergência de funções e *affordances*.

1.4.1 EMERGÊNCIA DE FUNÇÃO E AFFORDANCE

O comportamento emergente ocorre quando o número de interações entre os componentes de um sistema aumenta por combinações. As possibilidades de combinações devem levar em conta o modo como estas estão organizadas, permitindo, potencialmente, que uma série de novos e diferentes tipos de comportamentos apareçam, emerjam (BERTALANFFY, 1977). A emergência e o comportamento emergente não se limitam, contudo, apenas à estrutura formal, podendo ser aplicados à função. Um novo uso pode ocorrer a partir de uma função emergente, uma nova função emerge a partir de um desenho, objeto, estrutura ou grupamento existente (GERO 1996 e MAHER *et al*, 1993), como na figura 20.

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

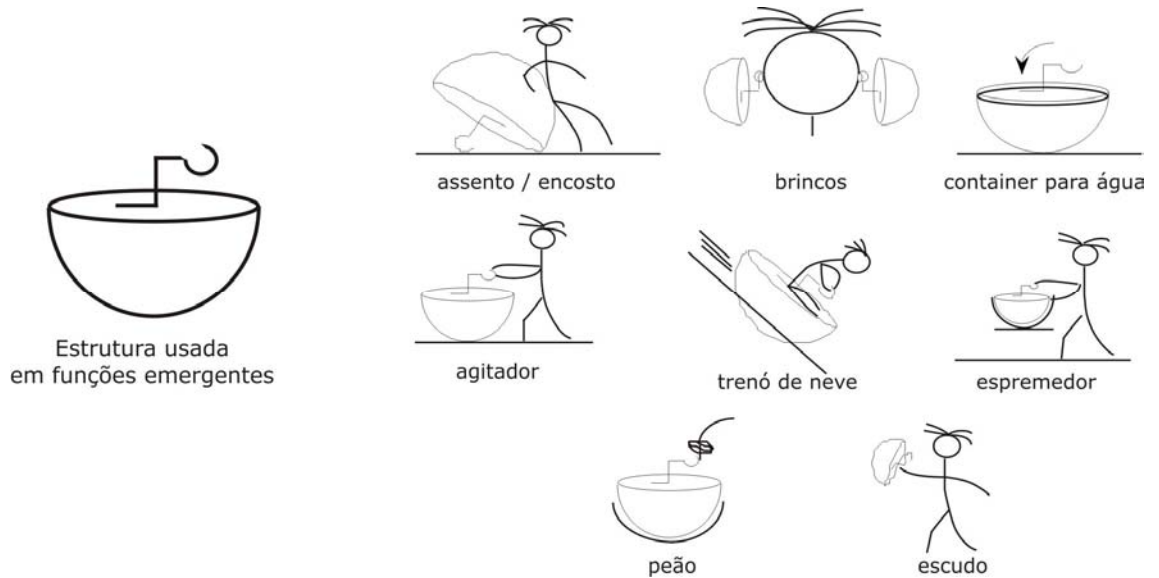


FIGURA 20- Emergência de funções a partir de uma mesma forma.

Originalmente, o termo *affordances* foi cunhado por Gibson (1986), para quem *affordances* são possibilidades de relacionamento que um objeto e/ou ambiente oferecem ao usuário.

A interação do usuário num ambiente se dá através da sua percepção, que identifica as possibilidades de ação existentes. É preciso entender que as informações disponíveis no ambiente é que regulam o comportamento deste usuário e que, neste contexto, não são as qualidades ou as propriedades do ambiente ou do objeto que são captadas pelo usuário, mas as suas possibilidades de ação. O usuário percebe *affordances*, ao invés das características físicas dos objetos; percebe o seu comportamento associado às características do ambiente e do objeto. Uma *affordance* existe quer o usuário a perceba ou não e não pode ser modificada a partir da mudança de necessidades e objetivos do usuário (GIBSON, 1986).

Para Mitchell (1992) a descrição funcional de um objeto, também não especifica somente a ação que é implementada por ele. A descrição funcional está, diretamente, relacionada ao contexto de uso deste objeto. Um objeto, a partir de suas características físicas, possibilita que diferentes usos sejam implementados em diferentes ambientes (*affordances*). Assim, o ambiente está diretamente relacionado à definição da função.

Já Tversky (2004) conceitua *affordances* como unidades de funções percebidas, na qual a forma e a estrutura sugerem uma função com uma mínima ação ou interação do usuário. *Affordances* são relações entre percepção e ações em potencial, referidas a objetos e às relações espaciais entre estes objetos.

Segundo Tversky (2004), tanto as propriedades espaciais quanto as funcionais afetam a compreensão e a produção da linguagem espacial. Forma e função não são somente correlatas, mas justificam e determinam inferências causais. A percepção visual e o comportamento do usuário estão, diretamente, ligados à aparência e à função do objeto respectivamente. Juntos, aparência e função cumprem *affordances*. A aparência (incluindo propriedades espaciais e suas relações) é mais rapidamente percebida do que a função do objeto, pois esta última depende de algum tipo de racionalização e de referências, depende da experiência do usuário (TVERSKY, 2004).

Os conceitos de emergência de função e *affordance* se sobrepõem e se referem, no contexto desta dissertação, à capacidade do usuário identificar ou atribuir função ou funções a objetos. Desconectado das divergências conceituais entre os autores, um

usuário, ao configurar um arranjo modular, poderá implementar diferentes funções ao interagir com um ambiente e captar as percepções associadas às *affordances* da configuração dos módulos.

1.5 PERCEPÇÃO FORMAL DO USUÁRIO

Os conceitos de percepção da forma descrevem como o usuário pode configurar os módulos a partir de sua experiência e contexto perceptivo. Os elementos que compõem uma forma, ou um arranjo modular, colocam em evidência o processo cognitivo envolvido naquela composição. Para Arnheim (1989), a percepção ocorre a partir da captação dos aspectos estruturais mais evidentes.

Ainda conforme Arnheim (1989) pessoas diferentes percebem coisas de maneiras diferentes. Estas divergências ocorrem porque a percepção da forma não é uma resposta mecânica aos dados captados pela retina, mas a criação cognitiva de uma imagem estruturada. Contudo, estas divergências não são intransponíveis, pois caso contrário, nenhuma comunicação social poderia existir.

A Teoria da *Gestalt*¹⁰ trabalha com conceitos relacionados à percepção da forma a partir do pressuposto que o todo é mais, ou diferente, da soma de suas partes (GOMES FILHO, 2008). A

¹⁰ A Gestalt é uma escola de psicologia experimental que surgiu no início do século 20 na Alemanha, centralizada no Instituto de psicologia da Universidade de Berlim. Seus principais expoentes foram Wolfgang Köhler, Max Wertheimer e Kurt Kofka. Após a segunda guerra mundial os psicólogos da Gestalt se mudaram para os Estados Unidos, onde seus estudantes continuam ativos.

percepção não é apenas uma seqüência de sensações: as sensações estão relacionadas a todo um contexto de percepção (ROCK e PALMER, 1990).

A teoria *gestalt* não é unânime na psicologia e nas artes visuais. Para Mitchell (1992), o quadro teórico da filosofia da Gestalt não é mais amplamente aceito, mas as leis da Gestalt continuam úteis para generalizações empíricas, como, por exemplo, dar mais estrutura à percepção de grupamentos de superfícies e espaços. Arnheim (1989) trata a percepção visual como parte de um processo de pensamento visual — aquisição, produção e desenvolvimento de uma forma de conhecimento visual.

“Embora fragmentárias e introdutórias, as regras de agrupamento perceptivo podem ser apresentadas como se tivessem a característica básica da atitude gestaltística, ou seja, um respeito pela natureza intrínseca da situação que o observador se depara. Do ponto de vista de Wertheimer, aquele que percebe não impõe as regras de grupamento sobre um conjunto de formas contraditórias. Mais exatamente, o grupamento dos elementos em si mesmos, e suas próprias características objetivas, influenciam os agrupamentos feitos pela mente do observador.”
ARNHEIM (1989, p33)

As regras de grupamento perceptivo de Wertheimer (1923) relatam como a organização da percepção visual, a partir de fatores e princípios, permite e facilita a articulação da análise e interpretação da forma. A percepção da forma está relacionada a propriedades emergentes: qualidades gerais de uma experiência que não são inerentes aos componentes formais. (ROCK e PALMER, 1990).

As propriedades emergentes na estruturação de uma forma devem ser levadas em consideração pelo designer na concepção do módulo ao estabelecer possibilidades combinatórias formais buscando

a percepção de um todo integrado e harmônico.

A aplicação da teoria de percepção das formas da *Gestalt* pode ser descrita através dos seguintes fatores:

- **unidade e segregação** – são os princípios mais simples que regem todo o processo da percepção da forma. A unidade, módulo, é um elemento que deve ser percebido isoladamente ou identificado quando pertencente a um conjunto (WERTHEIMER, 1923). Na formação de unidades, é necessária a presença de contraste para que a forma e suas relações sejam percebidas.

A segregação é a identificação/separação das unidades em uma composição, ou em suas partes. As unidades podem ser separadas em uma ou mais partes de acordo com suas semelhanças e estímulos visuais, ou critérios estabelecidos (WERTHEIMER, 1923), como no exemplo da figura 21, no qual os módulos são diferenciados através da intensidade da sua coloração.

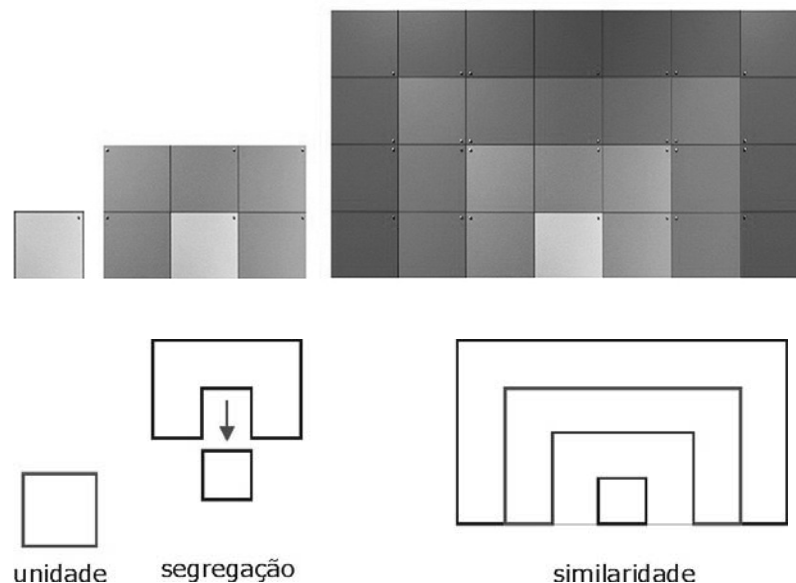


FIGURA 21- Arranjo compositivo do mobiliário modular com princípio de unidade, segregação e similaridade e representação gráfica dos princípios

- **similaridade e proximidade** - a igualdade de características, como forma ou cor, tende a construir unidades, formando agrupamentos de partes semelhantes, pertencentes a mesma estrutura (WERTHEIMER, 1923), como demonstrado na figura 21.

Elementos que estão próximos no espaço tendem a ser percebidos juntos, formando um todo ou unidades dentro de um todo (WERTHEIMER, 1923). Logicamente, os elementos que estão mais próximos um dos outros tendem a ser percebidos como um grupo, mais do que os que estão distantes (figura 22).



FIGURA 22-Arranjo compositivo do mobiliário modular com princípio de separação.
Representação gráfica do princípio.

- **direcionalidade ou continuidade** - é a percepção visual da sucessão de elementos através da organização perspectiva da forma de modo coerente, sem quebras ou interrupções na sua trajetória ou na sua fluidez visual (WERTHEIMER, 1923). Na figura 23 há a tendência de seguir uma direção para conectar os elementos de modo que eles pareçam contínuos. O fator de direcionalidade é mais facilmente percebido quando um dos eixos de translação é mais pronunciado do que outro.

Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

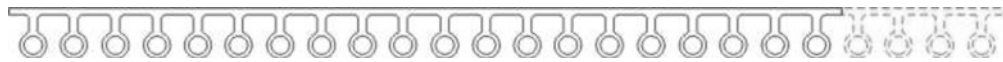
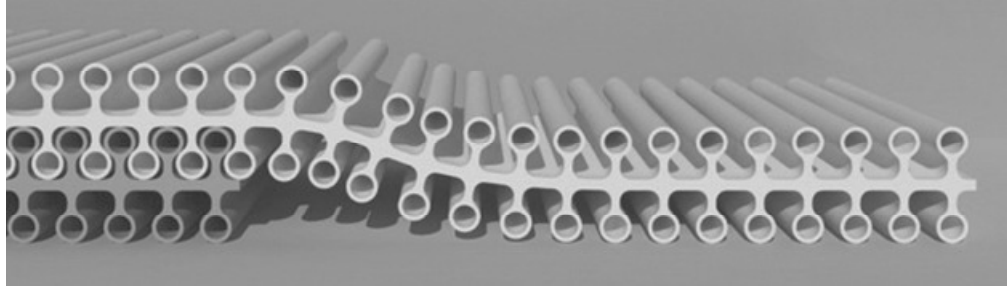


FIGURA 23- Arranjo compositivo do mobiliário modular com princípio de continuidade. Representação gráfica do princípio.

- **fechamento** - as forças de configuração da forma tendem a uma ordem espacial que se dirige para a formação de unidades fechadas, separadas do plano de fundo. A sensação de fechamento visual ocorre por meio de agrupamento de elementos de maneira a construir uma figura mais completa e simples. Existe a tendência psicológica do usuário unir intervalos e estabelecer ligações (WERTHEIMER, 1923), como no exemplo da figura 24, em que tendemos a completar a figura com o módulo faltante.

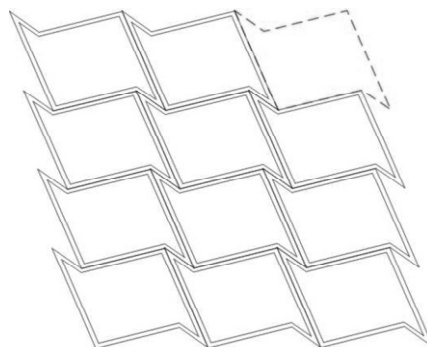


FIGURA 24- Arranjo compositivo do mobiliário modular com princípio de fechamento. Representação gráfica do princípio.

- **pregnância** - Gomes Filho (2008) esclarece o princípio de pregnância da forma como o princípio básico da *gestalt*, que abrange todos os fatores descritos por Wertheimer (1923). Segundo a teoria, as forças de organização tendem a se dirigir sempre à melhor solução possível, no sentido da clareza, unidade e equilíbrio. A pregnância ocorre quando os estímulos são ambíguos à percepção: a forma pregnante será a mais simples das formas captadas pela retina (ROCK e PALMER, 1990).

O conceito de pregnância, assim como os conceitos de emergência de função e *affordances* estão relacionados à significação e interpretação dos elementos formais (semântica). É importante levar em consideração estes conceitos desde as fases iniciais de concepção do projeto para que as possibilidades de interpretações não sacrifiquem a funcionalidade e a usabilidade do objeto. Para que o designer tenha domínio das possibilidades de interpretação da forma, é preciso que ele tenha identificado diferentes possibilidades de composição para exploração de diferentes possibilidades projetuais.

1.6 USABILIDADE

Usabilidade é um atributo de projeto de um objeto, assim como a funcionalidade. Funcionalidade se refere ao que um objeto pode fazer. Usabilidade se refere a como os usuários interagem com o objeto. Testar funcionalidade significa averiguar se o objeto funciona de acordo com as especificações. Testar usabilidade significa averiguar se os usuários podem interagir com as funções, através de

metas e objetivos pré-determinados, para satisfazer as suas necessidades (DUMAS e REDISH, 1993).

Para Dumas e Redish (1993) um objeto por si próprio não tem valor, tem valor apenas na medida em que é usado. A implementação de um uso requer a existência de usuários. Portanto, a maneira como os usuários irão interagir com o objeto é uma questão fundamental para a concepção deste objeto.

O termo usabilidade foi cunhado no início da década de 80 para substituir a expressão "*user friendly*"- amigável ao usuário (JORDAN, 2002). A usabilidade de um objeto é um atributo que relaciona o desempenho de um usuário, ou classe de usuários, à realização de tarefas específicas em um ambiente específico, para a determinação do uso real do objeto. A maneira que um usuário interage com um objeto pode ser compreendida a partir da sua facilidade de uso ou da sua aceitação. "A facilidade de uso determina se um objeto pode ser usado, e a aceitabilidade se será utilizado e como será utilizados (BEVAN et al,1991, p.2)".

Os testes de usabilidade foram desenvolvidos para avaliar a interface Humano/Computador (IHC) em software e hardware, mas podem ser aplicados a objetos não computacionais. A usabilidade pode e deve ser testada em diferentes fases do desenvolvimento de objetos e para diferentes propósitos (MONTERO et al, 2003):

- 1.** Os testes de concepção são realizados para testar o conceito de objetos, com usuários típicos ou em potencial, normalmente, com protótipos ou modelos funcionais. Os avaliadores

utilizam os resultados para verificar, preliminarmente, a facilidade de uso e a aceitabilidade do objeto pelo usuário;

2. Os testes de inspeção são realizados para testar aspectos específicos da interface de utilização. Devido a especificidades técnicas, os testes de inspeção são realizados com especialistas e com objetos em fase adiantada de desenvolvimento.

3. Os testes de inquérito são realizados com o objeto pronto. Nesta fase, o objeto é submetido à testagem antes e depois de ser colocado no mercado. A verificação é feita com representantes de usuários típicos e gera dados sobre as preferências, aversões e necessidades dos usuários, relacionadas ao objeto finalizado.

O experimento de usabilidade na fase de concepção possibilita que o conceito do objeto seja testado e verificado como será a interação com o usuário. Neste estudo de caso, a testagem da usabilidade como exploração de uma possibilidade está relacionada, diretamente, aos conceitos de multifuncionalidade e de percepção da forma aplicados ao mobiliário modular. Os conceitos da teoria da Gramática de Formas e os fundamentos de simetria e modularidade são os atributos que darão suporte à simulação da ação do usuário na configuração dos módulos, descritos no próximo capítulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para modelar a multifuncionalidade de objetos a partir da interação do usuário, foi estruturado um modelo teórico para sistematização das etapas de ação do usuário. O modelo estabelecido relaciona conceitos de Gramática de Formas a conceitos de Modulação em estudo de caso.

O objeto de investigação selecionado para estudo de caso é o *Vertibral* (figura 19), concebido por Joseph Keenan e comercializado pelo *Eso Group (Environmentally Sustainable Objects)* na Austrália. O objeto foi selecionado por ser vendido em número de unidades definido¹¹: quatro módulos, que possibilita a quantificação de alternativas. Os módulos são compostos por 12 requadros lineares¹² de madeira articulados, têm concepção multifuncional e permitem a interpenetração¹³(WONG,1998) para arranjo entre os módulos. O módulo pode ser usado para composição em duas posições: como um paralelepípedo, no seu estado original ou como um poliedro irregular, de base em leque, quando articulado.

¹¹ A maioria dos mobiliários modulares comercializados não possui número de unidades de venda pré-definidos, são ofertados em unidades avulsas.

¹² Para Wong (1998), todas as formas tridimensionais com arestas retas podem ser reduzidas a um requadro linear. Durante a construção do requadro as arestas são substituídas por elementos lineares que marcam os limites das faces dos polígonos e, conseqüentemente formam os vértices.

¹³ A utilização da construção dos módulos por requadros lineares abre a possibilidade de se usar o recurso da interpenetração que ocorre quando parte de um requadro linear está dentro do espaço definido por outro requadro linear (WONG, 1998)

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

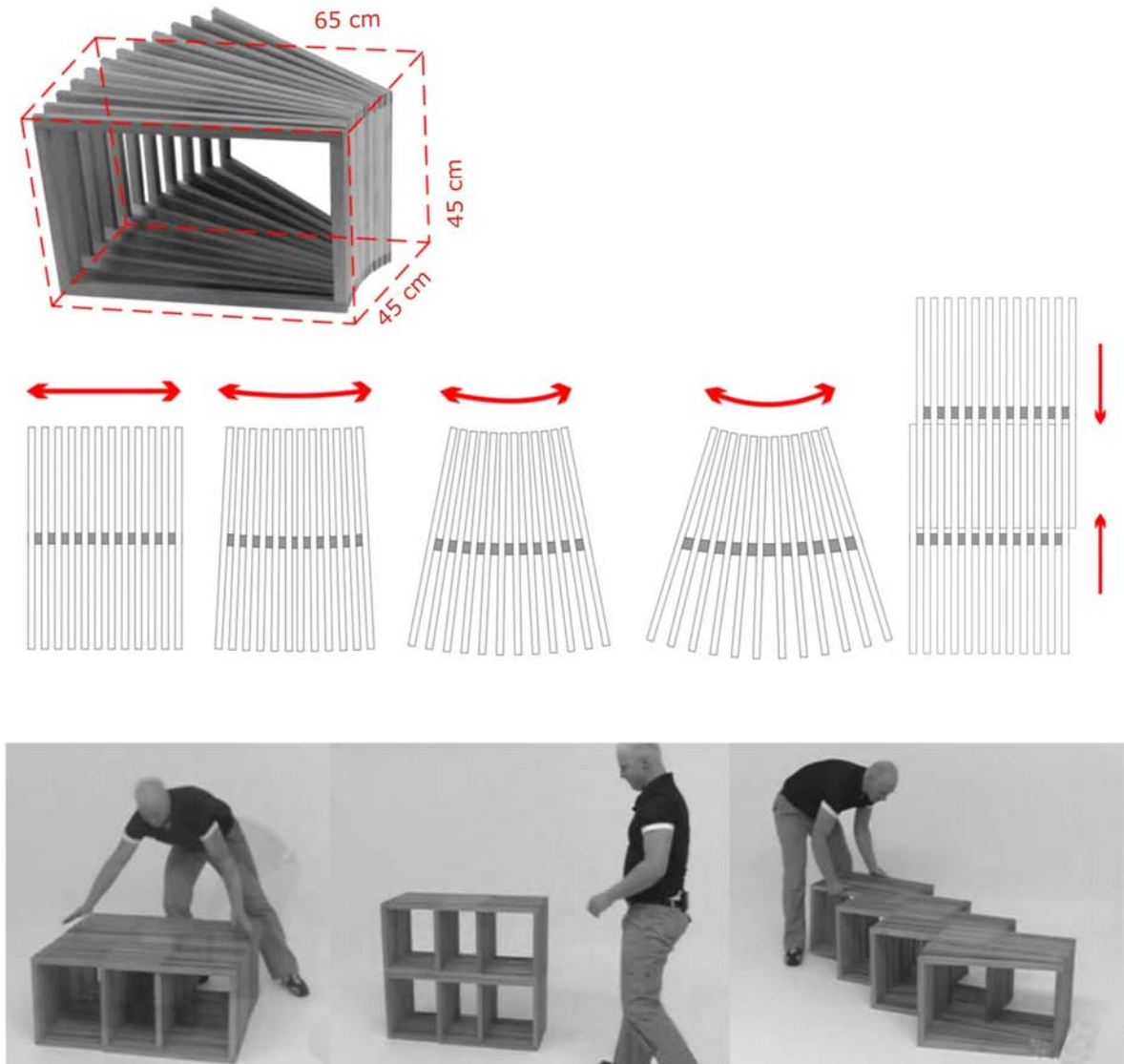


FIGURA 25- Módulo Vertibral – vocabulário do estudo de caso

Os módulos do *Vertibral* foram utilizados como vocabulário para a recuperação da gênese do projeto, através de um programa de etapas de desenvolvimento de um projeto baseado no desenvolvido por STINY (1980 b) para aplicação da Gramática de Formas. As etapas que foram executadas para a modelagem do método de antecipação de alternativas são:

1º - Definição do objeto de investigação. Identificação do objeto de investigação do estudo de caso, utilizado como vocabulário inicial, para responder às necessidades do problema.

2º - Análise do vocabulário do objeto de investigação. O objeto foi desenhado em três posições ortogonais (topo, elevação frontal e elevação lateral) nas 18 posições relativas ao solo.

3º - Identificação e quantificação das relações espaciais possíveis. A partir da tabulação de matrizes matemáticas baseadas nos grupos de simetria plana, foram identificadas as relações espaciais possíveis e quantificadas as possibilidades de composição entre dois módulos, em relação ao solo e a partir da utilização da interpenetração.

4º - Exercício de geração de arranjos. A partir de regras formais baseadas nas topologias das relações espaciais já quantificadas, foram realizados exercícios de geração de arranjos.

5º - Experimento de usabilidade. Para coleta de dados qualitativos, o teste de concepção, do tipo *Co-discovery* (KEMP e GELDEREN, 1996 e DUMAS e REDISH,1993), foi realizado um experimento de usabilidade com modelo funcional (JORDAN,2002; ULRICH e EPPINGER,2008) do objeto de investigação para comparar as escolhas dos usuários com as relações espaciais quantificadas e os arranjos gerados. Nesta etapa, os usuários atribuíram funções aos arranjos gerados a partir das *affordances* percebidas, partindo do princípio de que as possibilidades de diferentes combinações dos módulos emulam a multifuncionalidade do mobiliário residencial.

2.1 APLICAÇÃO DA TEORIA DA GRAMÁTICA DE FORMAS

O artigo de Stiny, "*Kindergarten grammars: designing with Froebel's building gifts*" (1980 a), descreve a criação de uma gramática original baseada em vocabulário existente. A aplicação da teoria da Gramática de Formas ao estudo de caso segue a estruturação proposta por Stiny (1980a).

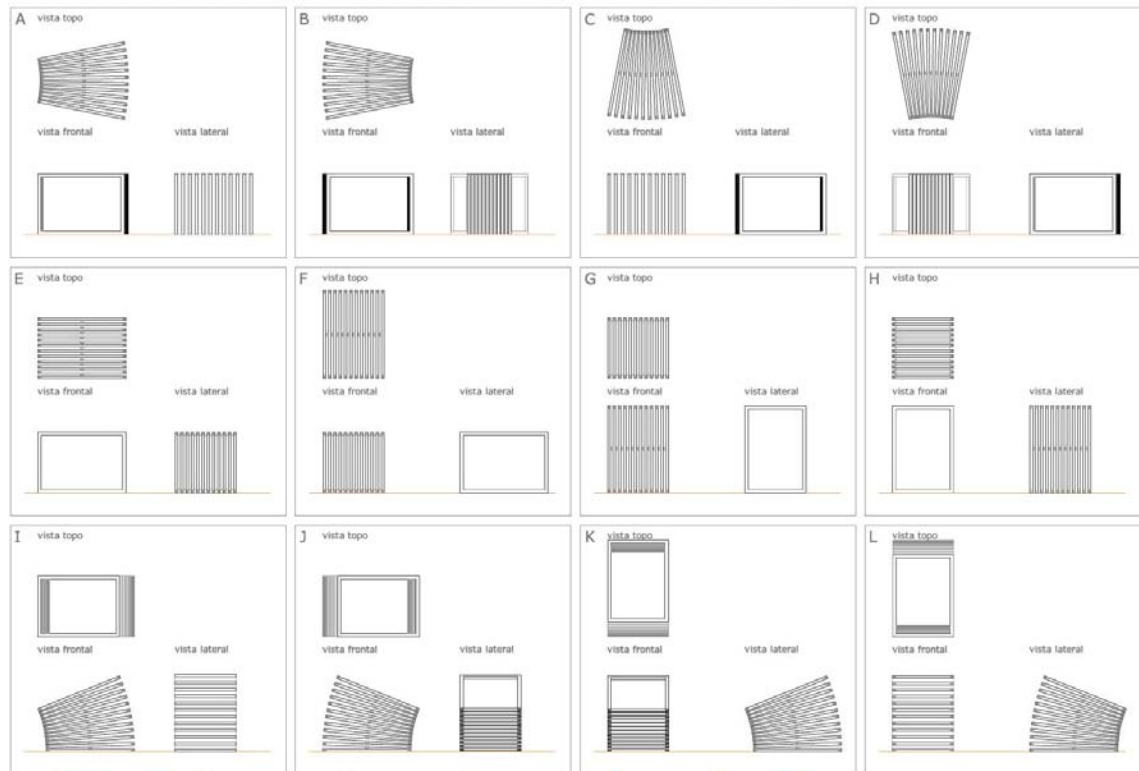
2.1.1 VOCABULÁRIO

Para que a análise do vocabulário pudesse ser feita a partir da teoria da gramática, o Vertibral (KENAN, 2007a) objeto foi desenhado nas 18 posições relativas ao solo (figura 20). Deste universo, 12 se referem a posições que não precisam do recurso de interpenetração (posições A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K e L) e 6 se referem à posições que só podem ser configuradas com o recurso da interpenetração (posições M,N,O,P,Q e R).

A análise do vocabulário permitiu identificar os possíveis eixos ordenadores e encontrar diretrizes de articulação entre os módulos para a identificação das relações espaciais de adjacência (adição) e permeabilidade (interpenetração) entre os módulos para quantificação das possibilidades de relações espaciais.

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

posições relativas ao solo- arranjos sem interpenetração



posições relativas ao solo_ arranjos com interpenetração

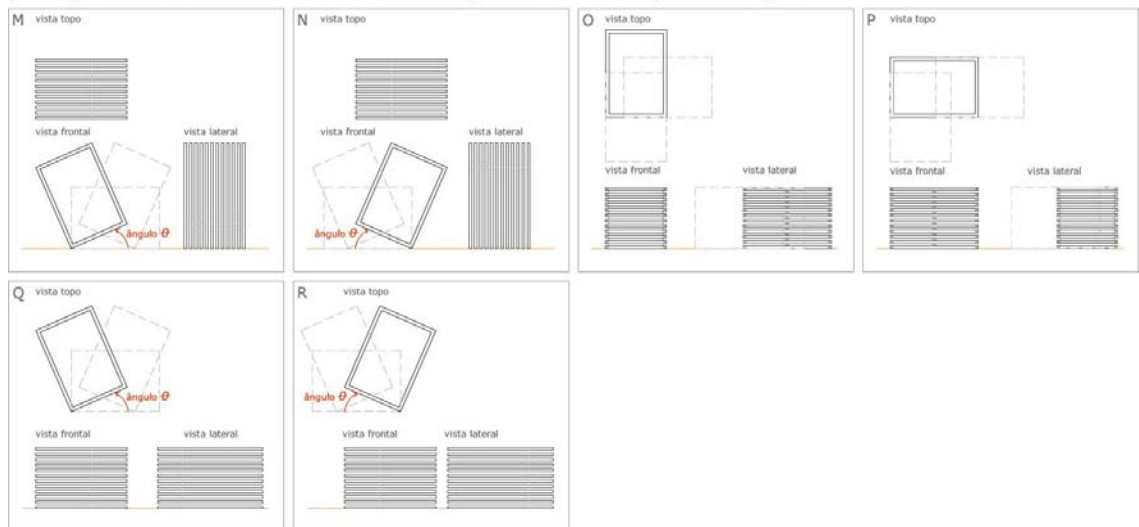


FIGURA 26- Posições Relativas ao solo do vocabulário- Módulo Vertical

2.1.2 RELAÇÕES ESPACIAIS

Um modelo, baseado no conceito matemático de matrizes, como o usado por Knight (1993 e 1994) para a geração de alternativas no desenvolvimento da Gramática de Cores¹⁴, permitiu a enumeração de todas as relações espaciais possíveis¹⁵ entre duas unidades do vocabulário (dois módulos do *Vertibral*).

Uma matriz é a representação matemática de uma tabela para organizar elementos dispostos em linhas e colunas (GERSTING,2004). A matriz A_{mn} genérica pode ser representada:

14 A Gramática de Cores é uma variação da Gramática de Formas para a associação de atributos como (cores, materiais,até mesmo funções) a formas.

15 A identificação das relações espaciais partiu dos seguintes pressupostos:

- Contato entre os módulos para arranjos de adjacência ou permeabilidade, recursos de composição, em posições determinadas. Sempre nos extremos ou meio de faces ou arestas, para possibilitar o estabelecimento de um universo quantificável de alternativas;
- Arranjos organizados a partir dos grupos de simetria plana. Apesar de, teoricamente, os grupos de simetria plana serem três (simetria central, friso e papel de parede), os arranjos foram organizados em grupos de simetria central e friso (KNIGHT, 1995), devido a quantidade de objetos necessários para estabelecer as relações espaciais; dois. Para existir a representação do grupo de papel de parede são necessários pelo menos três vocábulos.
- Foram desconsiderados, para a quantificação, arranjos que se enquadraram em mais de um tipo de organização dos grupos de simetria, sendo contabilizados somente uma vez;
- Foram desconsiderados, para a quantificação, arranjos com diferenças relativas somente a posição do observador na configuração dos módulos, sendo também contabilizados somente uma vez;

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & \dots & a_{4n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

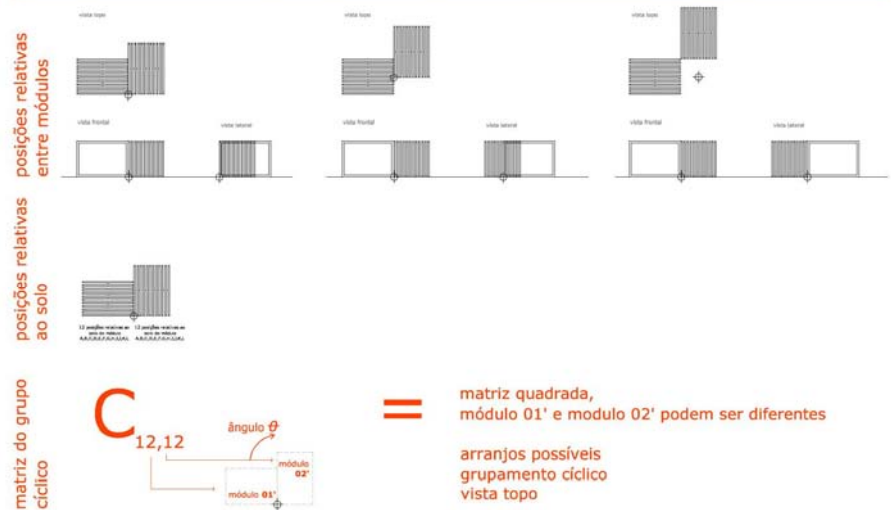
FIGURA 27- Organização de uma matriz.

Desta maneira foram quantificadas as relações espaciais possíveis entre dois vocábulos nos seguintes grupos:

- simetria central- arranjos cíclicos sem interpenetração, vista topo de translação (figura 28);
- simetria central- arranjos diédricos sem interpenetração, vista topo de translação (figura 29);
- friso horizontal sem interpenetração, vista topo de translação (figura 30);
- friso vertical sem interpenetração, vista frontal de translação (figura 31);
- friso horizontal com interpenetração, vista frontal de translação (figura 32);
- friso horizontal com interpenetração, vista topo de translação (figura 33);
- friso vertical com interpenetração (figura 34);

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio cíclico sem interpenetração



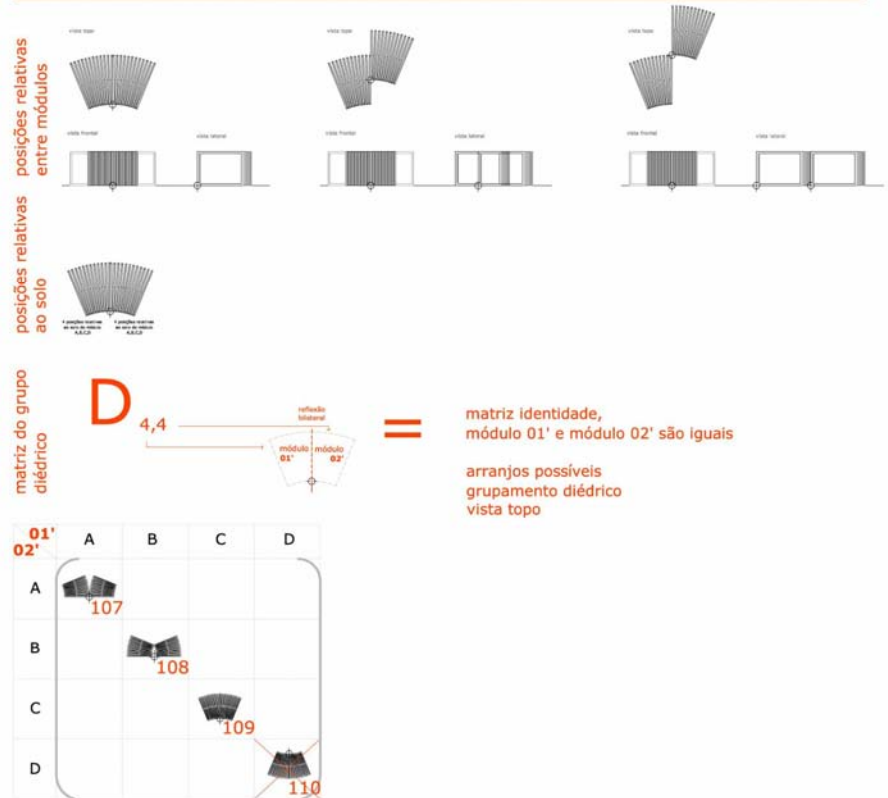
01' 02'	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
B	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
C	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
D	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
E	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
F	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
G	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
H	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
I	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
J	104	105	106									
K												
L												

relações espaciais cíclicas sem interpenetração : $3 (106) = 318$

FIGURA 28- simetria central- arranjos cíclicos sem interpenetração, vista topo de translação

Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio **diédrico sem interpenetração**

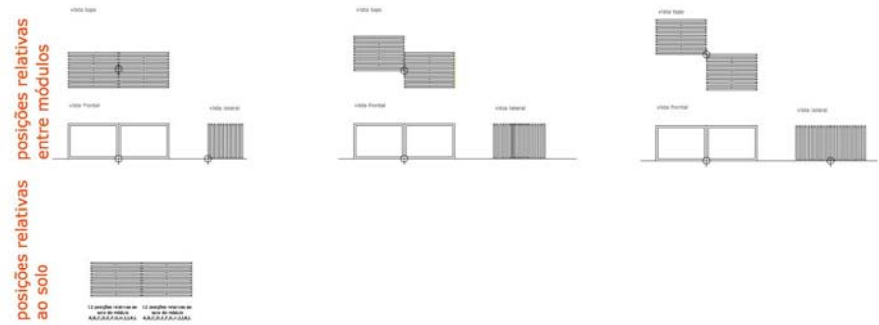


relações espaciais diédricas sem interpenetração : $3 (3) = 9$

FIGURA 29- simetria central- arranjos diédrico sem interpenetração, vista topo de translação

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio **friso horizontal sem interpenetração**



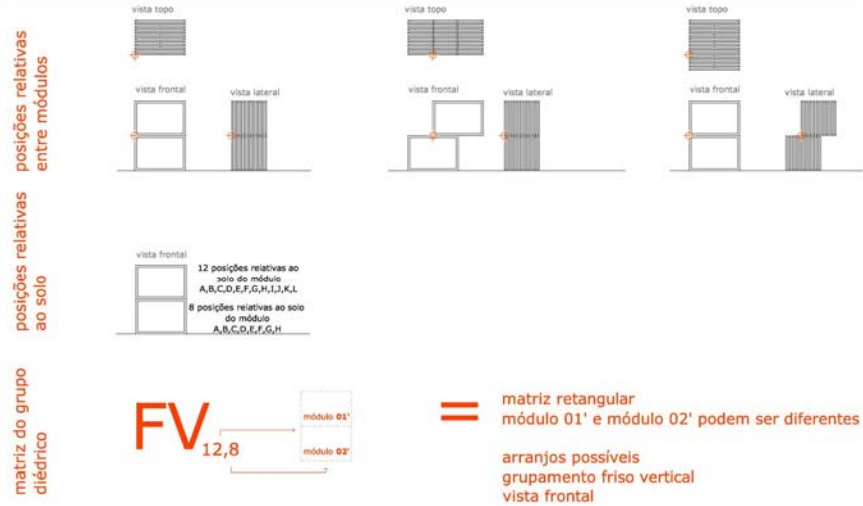
01' 02'	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	111	112										
B	113											
C	114	115	116	117								
D	117	118	119	120								
E	119	120	121	122	123							
F	124	125	126	127	128	129						
G	130	131	132	133	134	135	136					
H	137	138	139	140	141	142	143	144				
I	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154		
J	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	
K	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
L	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186

relações espaciais tipo friso horizontal sem interpenetração : $3 (76) = 228$

FIGURA 30- friso horizontal sem interpenetração, vista topo de translação

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio **friso vertical sem interpenetração**



01' 02'	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	186				187	188	189	190	191		192	
B	193								194		195	
C	196											
D	197											
E	198				199			200	201			
F	202				203			204	205			
G	206				207		208		209			
H	210				211		212		213			

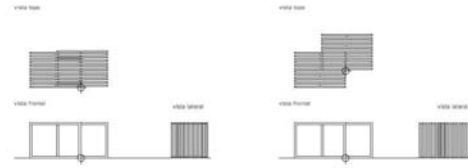
relações espaciais tipo friso vertical sem interpenetração : $3 (28) = 84$

FIGURA 31- friso vertical sem interpenetração, vista frontal de translação

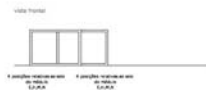
Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio **friso horizontal** com **interpenetração**
posições relativas entre módulos e com solo possíveis **vista frontal**

posições relativas
entre módulos



posições relativas
ao solo



matriz do grupo
diédrico



$01'$ $02'$	E	H	M	N
E				
H				
M				
N				

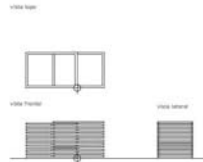
relações espaciais tipo friso horizontal com interpenetração, vista frontal : $2(10)=20$

FIGURA 32- friso horizontal com interpenetração, vista frontal de translação

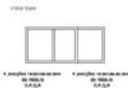
Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio **friso horizontal** com **interpenetração**
posições relativas entre módulos e com solo possíveis **vista topo**

posições relativas
entre módulos



posições relativas
ao solo



matriz do grupo
diédrico

FHIT



matriz quadrada
módulo 01' e módulo 02' podem ser diferentes

arranjos possíveis
grupamento friso horizontal com interpenetração
vista topo

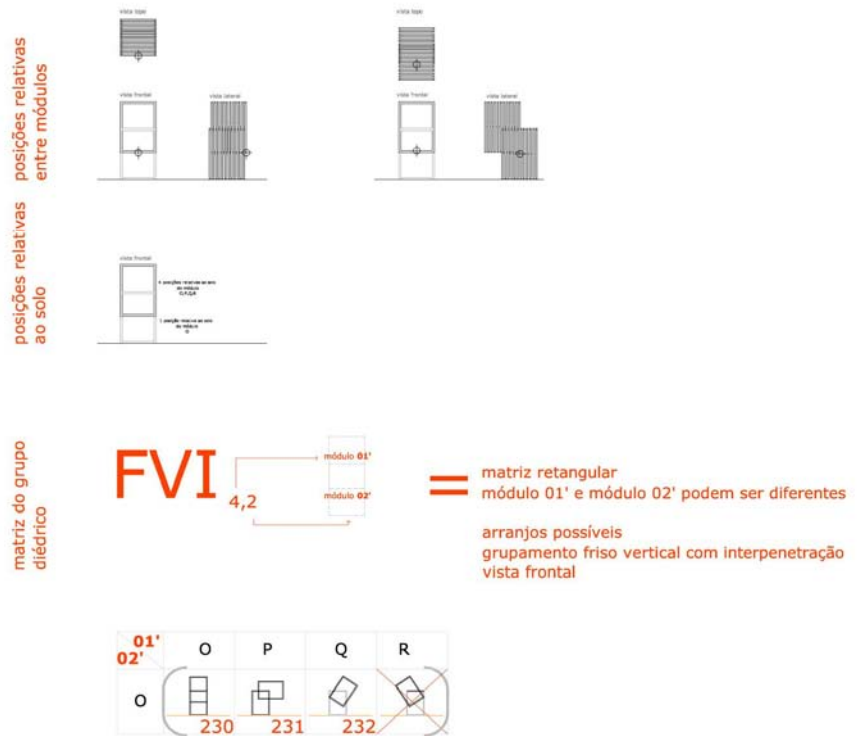
01' 02'	E	H	M	N
E	224	225	226	227
H	225	226	228	229
M	227	228	229	
N	229			

relações espaciais tipo friso horizontal com interpenetração, vista topo :6

FIGURA 33- friso horizontal com interpenetração, vista topo de translação

Gramática de Formas e o **mobiliário** modular multifuncional:
um estudo de caso

RELAÇÕES ESPACIAIS com princípio **friso vertical** com **interpenetração**
posições relativas entre módulos e com solo possíveis



relações espaciais tipo friso vertical com interpenetração : $2(3)=6$

FIGURA 34- friso vertical com interpenetração, vista frontal de translação

As características das matrizes tabuladas são resultado do relacionamento das características dos grupos de simetria plana com as posições relativas ao solo dos módulos usados, para ordenar os grupos, em que foram divididas as relações espaciais quantificadas; por exemplo:

1. A matriz correspondente ao grupo diédrico é uma matriz identidade, pois, já que a característica principal do grupo é a reflexão bilateral, necessariamente, os dois módulos que compõem a relação espacial precisam ser iguais.

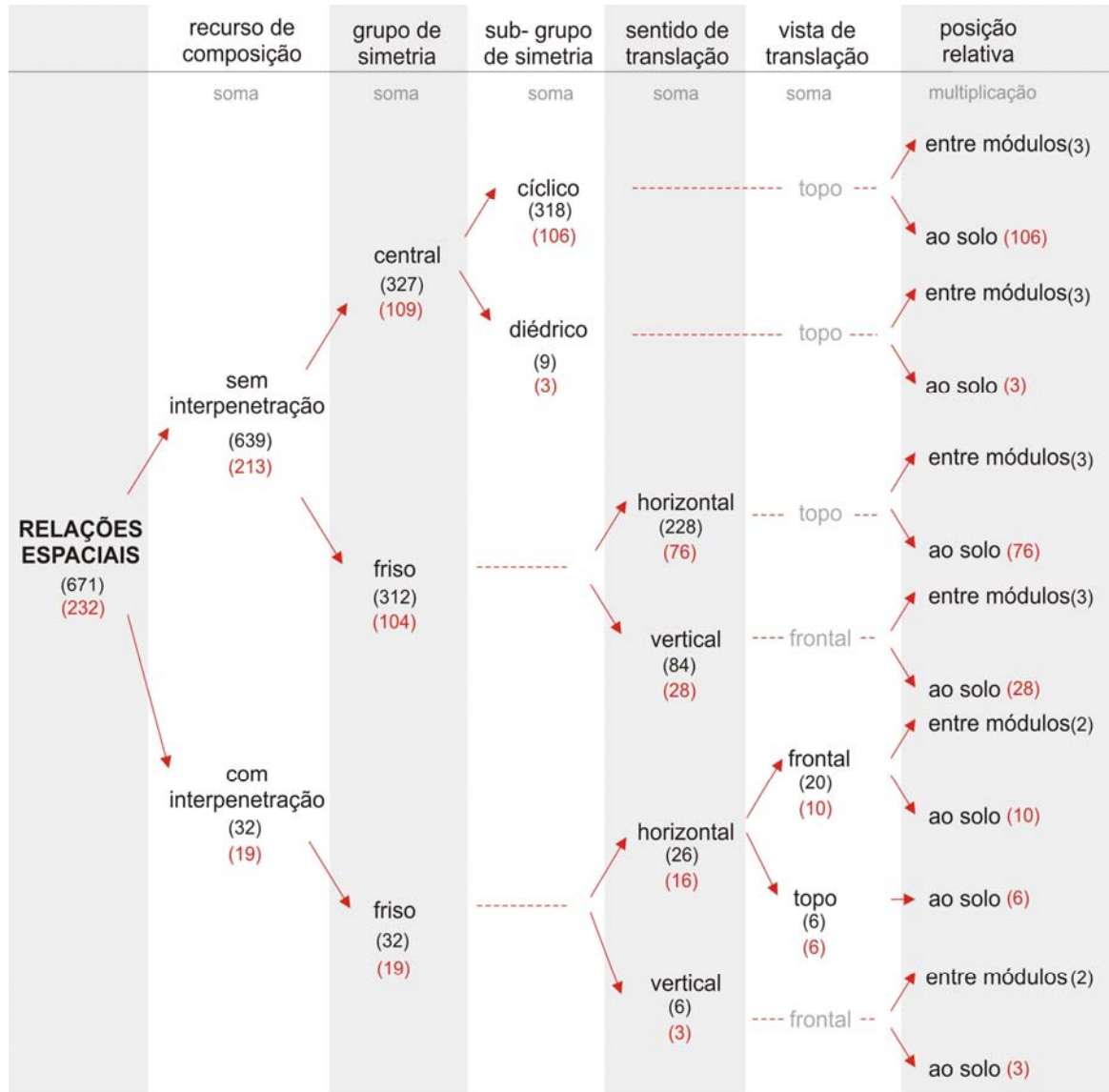
2. As matrizes referentes aos grupos de friso, em que o sentido de translação é vertical, são matrizes retangulares, pois, há restrição de estabilidade de algumas posições relativas para base da relação espacial.

3. As relações espaciais quantificadas e enumeradas a partir do modelo matemático de matrizes foram multiplicadas, quando a estrutura do grupo de organização de simetria plana “permitiu”, pelas possibilidades de posições relativas entre dois módulos a partir dos pontos de contato preestabelecidos.

Como demonstrado o universo quantificado é de 671 diferentes relações espaciais, das quais 232 representam as diferentes topologias das relações espaciais dos módulos em relação ao solo. O esquema da figura 35 resume esta quantificação.

O objetivo desta fase de análise é quantificar o universo de possibilidades de combinação entre dois módulos que irão compor as

regras formais que o usuário terá ao interagir com o vocabulário.



(XX) universo de relações espaciais

(XX) topologias de relações espaciais em relação ao solo

FIGURA 35- resumo da quantificação das relações espaciais

2.1.3 REGRAS FORMAIS, FORMAS INICIAIS E PROJETO GENERATIVO

Cada relação espacial pode gerar diversas regras. Cada regra pode ser aplicada em diferentes posições de uma forma inicial ou sobre um marcador inicial. A regra pode ser aplicada, recursivamente, ou uma nova regra pode ser introduzida ao estágio de derivação anterior. Inúmeros arranjos podem ser gerados a partir de cada uma das relações espaciais baseadas nas topologias já quantificadas do estudo de caso.

O *Vertibral* é comercializado com número determinado de módulos que podem ser usados separadamente ou em diferentes agrupamentos: quatro módulos arranjados juntos (4), três módulos arranjados juntos e um modo utilizado individualmente (3+1), dois grupamentos de dois módulos cada (2+2), um grupamento de dois módulos e mais dois módulos utilizados individualmente (2+1+1) e os quatro módulos usados separadamente (1+1+1+1).

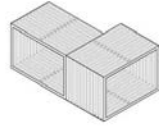
Para exemplificar o processo generativo já descrito, foram realizados sete exercícios de geração de quatro arranjos (figuras 37 à 43) , tomando como ponto de partida do projeto generativo, uma relação espacial de cada grupo de simetria plana. Os arranjos gerados no exercício são compostos por três e quatro módulos. Já que, as combinações com dois módulos são as próprias relações espaciais e as possibilidades de utilização de um módulo individualmente são as próprias posições relativas do módulo em relação ao solo (sem interpenetração).

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

Nos exemplos generativos são identificadas as operações envolvidas no processo de geração dos arranjos (rotação, translação, reflexão bilateral, adição, interpenetração e transformação paramétrica) e os marcadores que incidem sobre a forma (marcador inicial, marcador espacial e marcador terminal). A figura 36 representa a legenda dos exemplos generativos.

LEGENDA:					
Marcadores		Manipulação da forma			
●	marcador inicial	R	rotação	A	adição
○	marcador espacial	T	translação	I	interpenetração
+	marcador terminal	Rb	reflexão bilateral	Tp	transformação paramétrica

FIGURA 36- Legenda dos símbolos e abreviações dos projetos generativos



relação espacial (49)

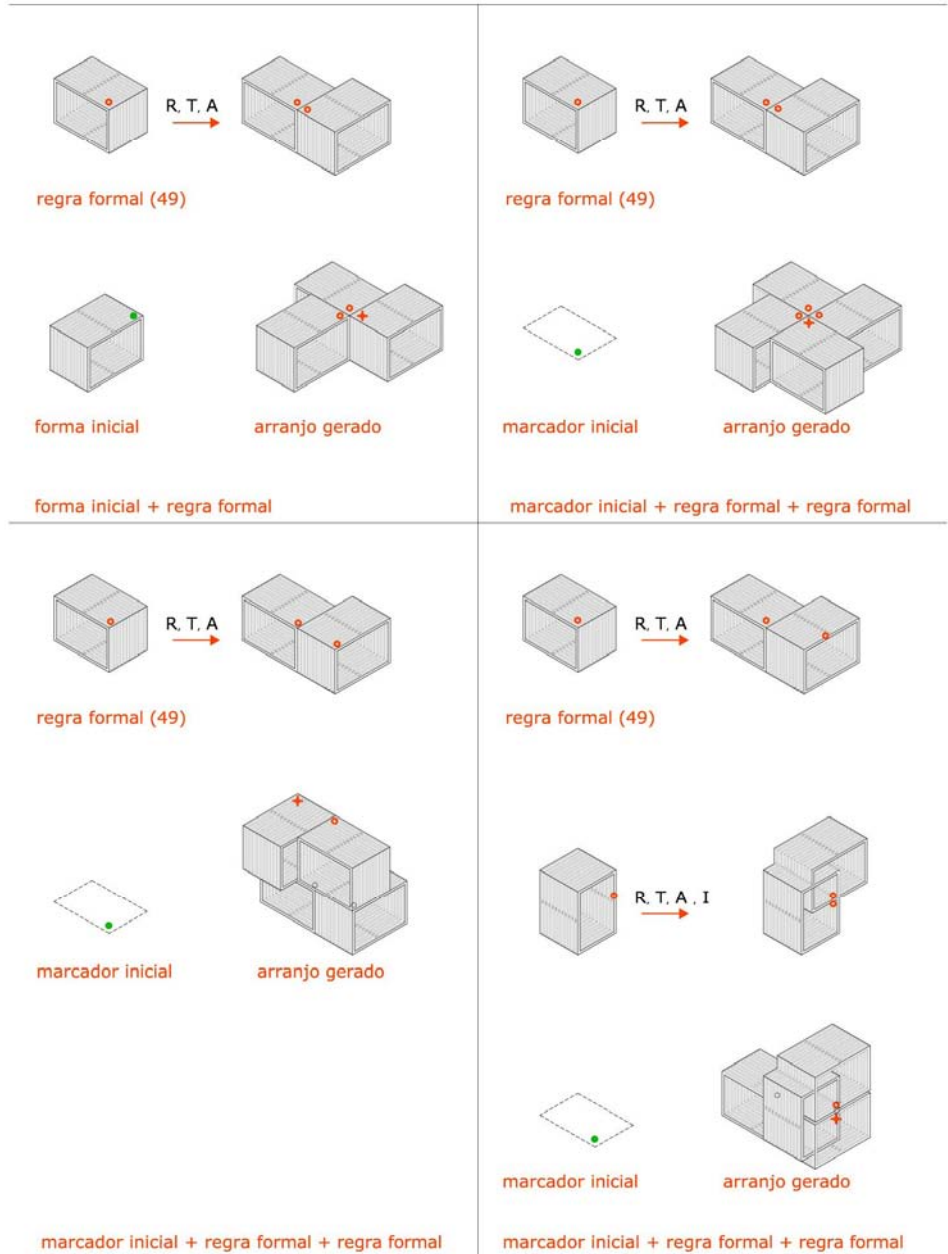
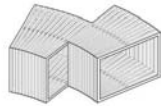


FIGURA 37 – Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº49, com diferentes regras formais e marcadores.

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso



relação espacial (109)

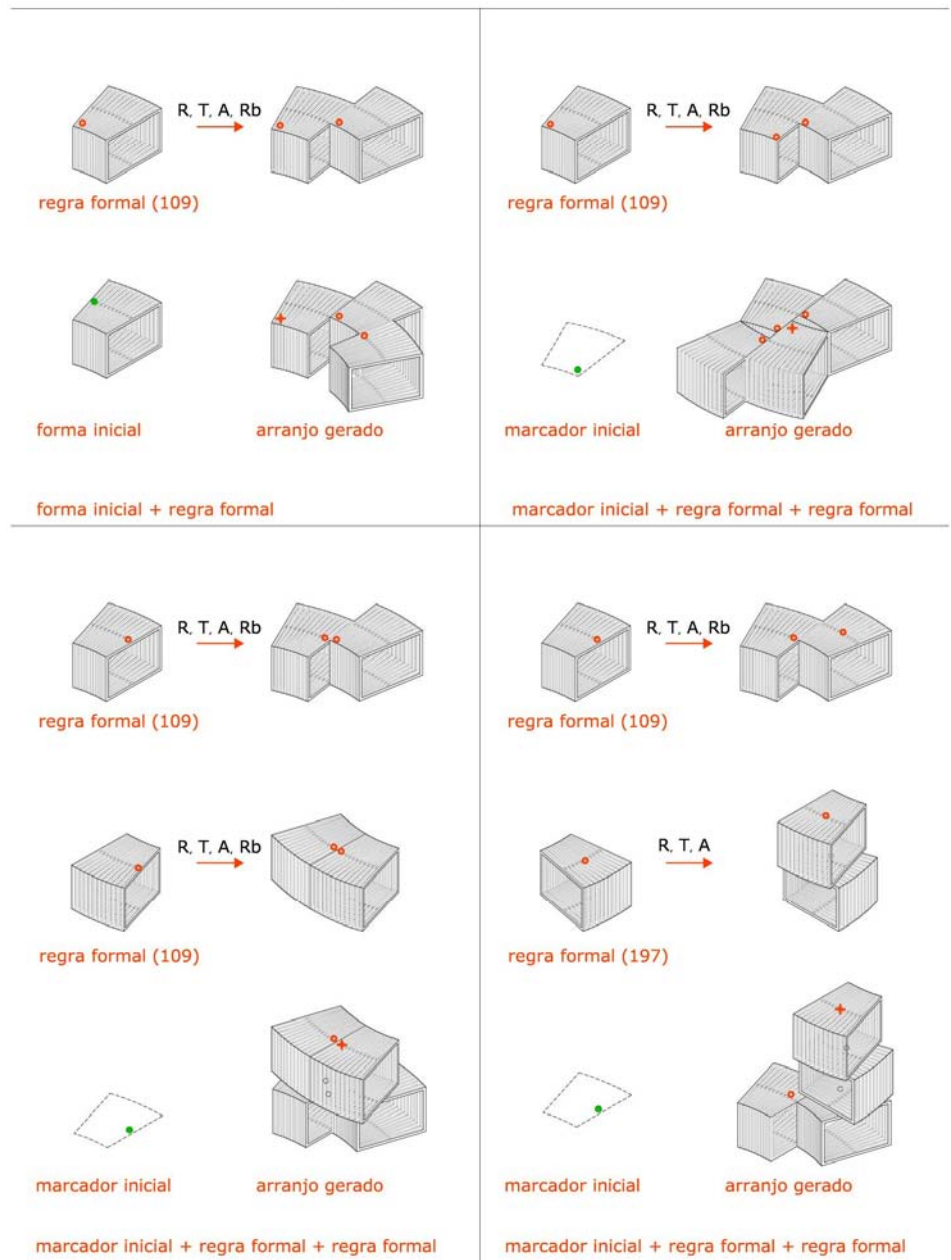
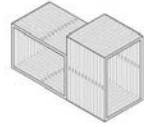


FIGURA 38-- Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº109, com diferentes regras formais e marcadores.



relação espacial (134)

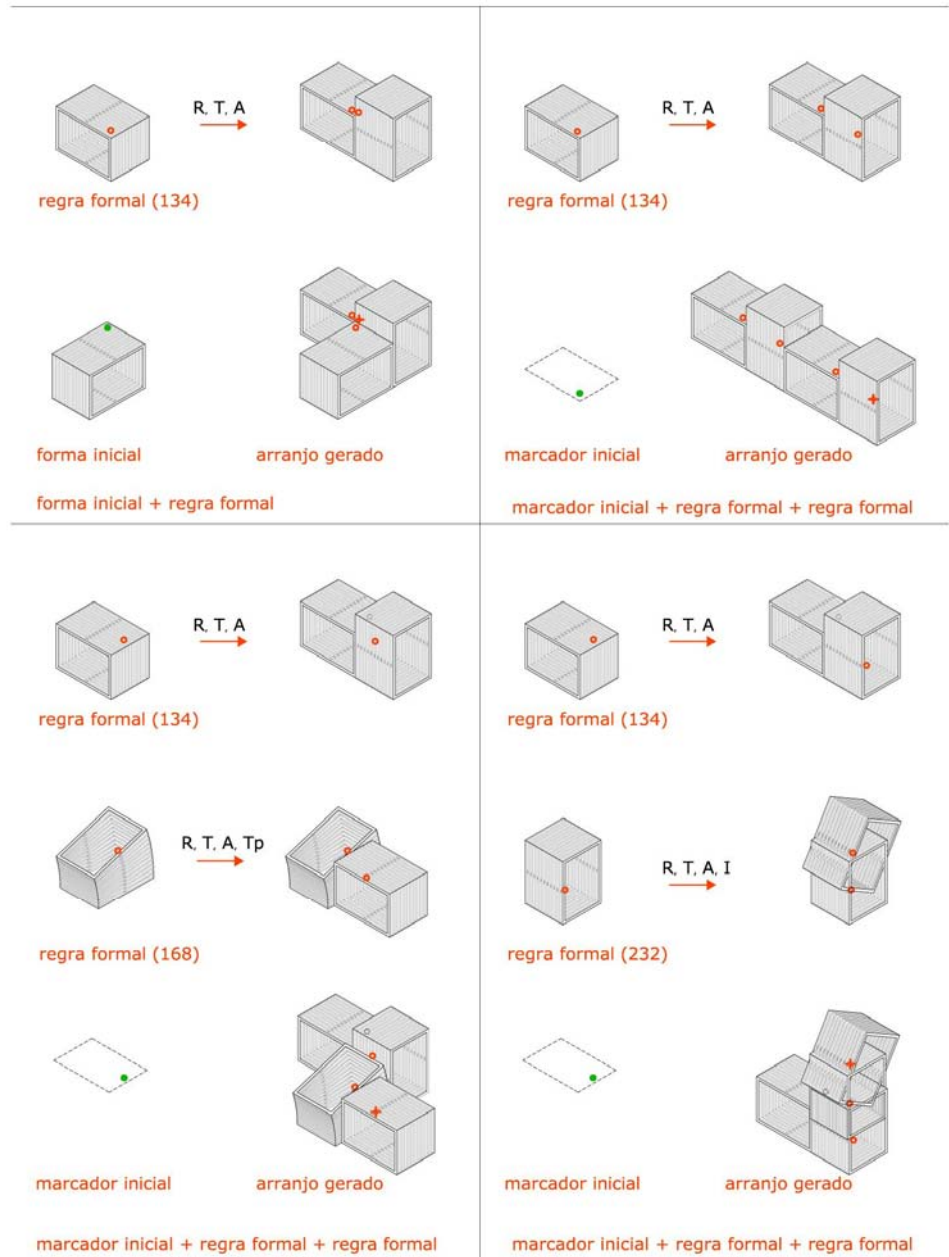


FIGURA 39 – Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº134, com diferentes regras formais e marcadores.



relação espacial (196)

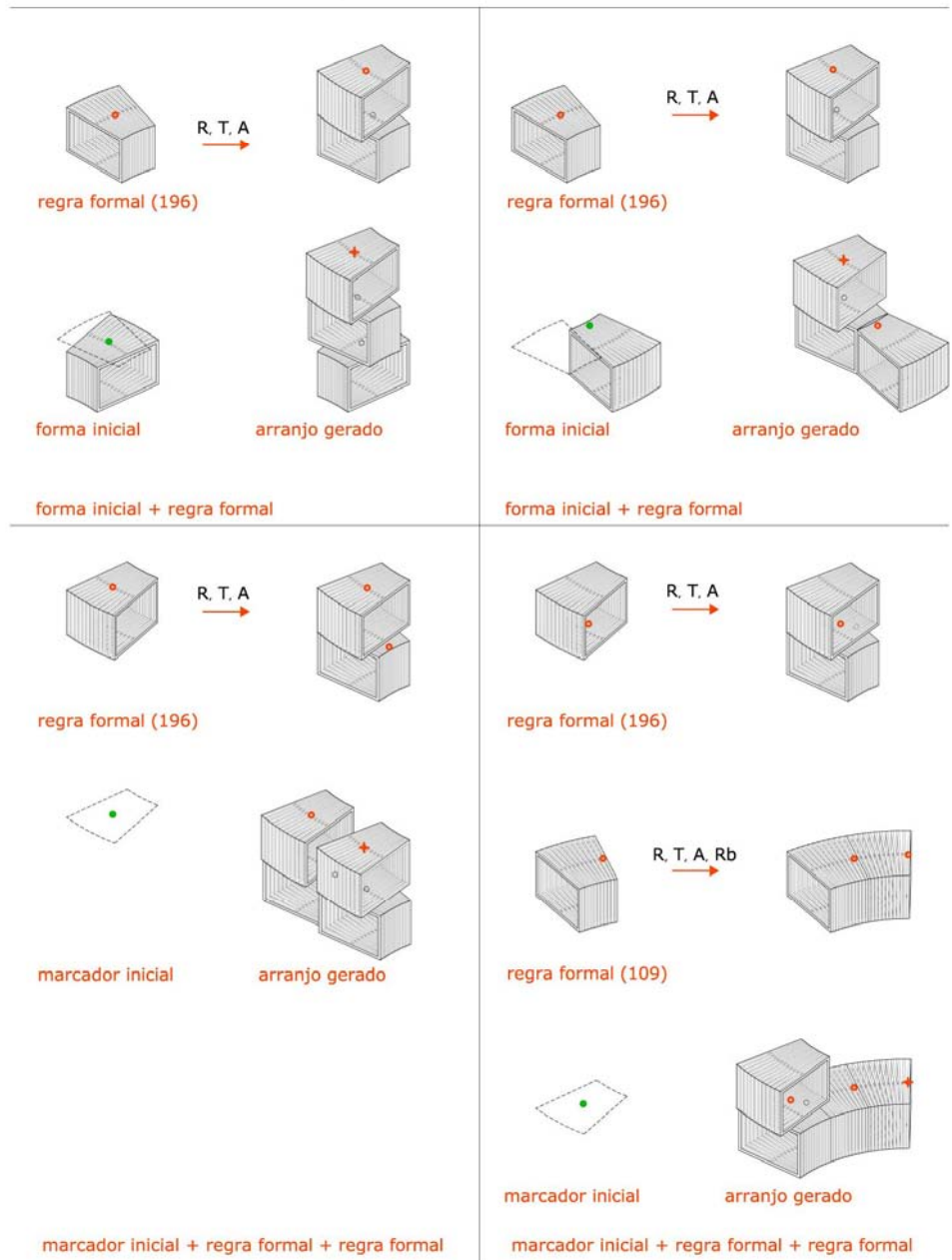


FIGURA 40– Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº196, com diferentes regras formais e marcadores.



relação espacial (221)

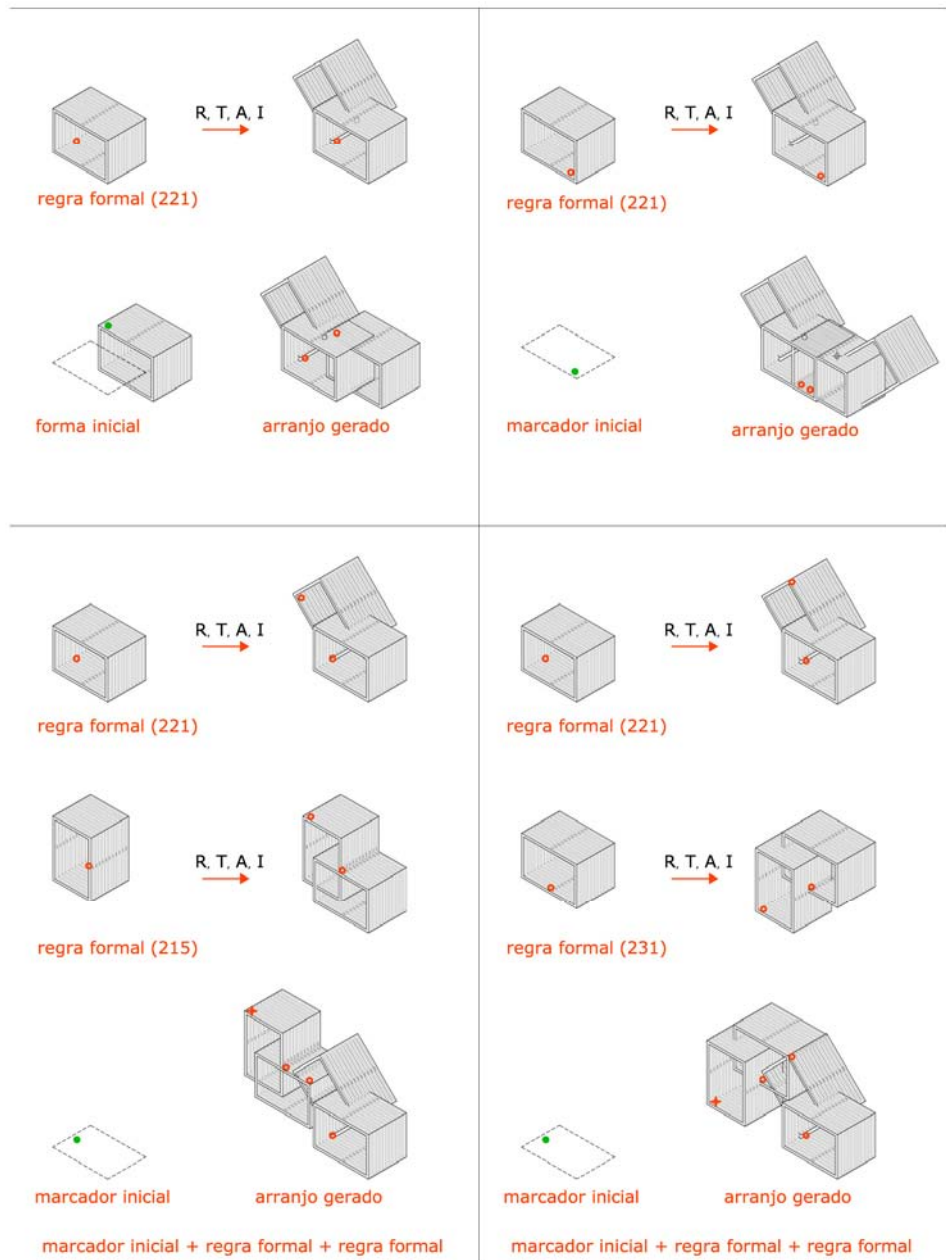
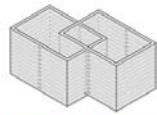


FIGURA 41 – Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº221, com diferentes regras formais e marcadores.



relação espacial (224)

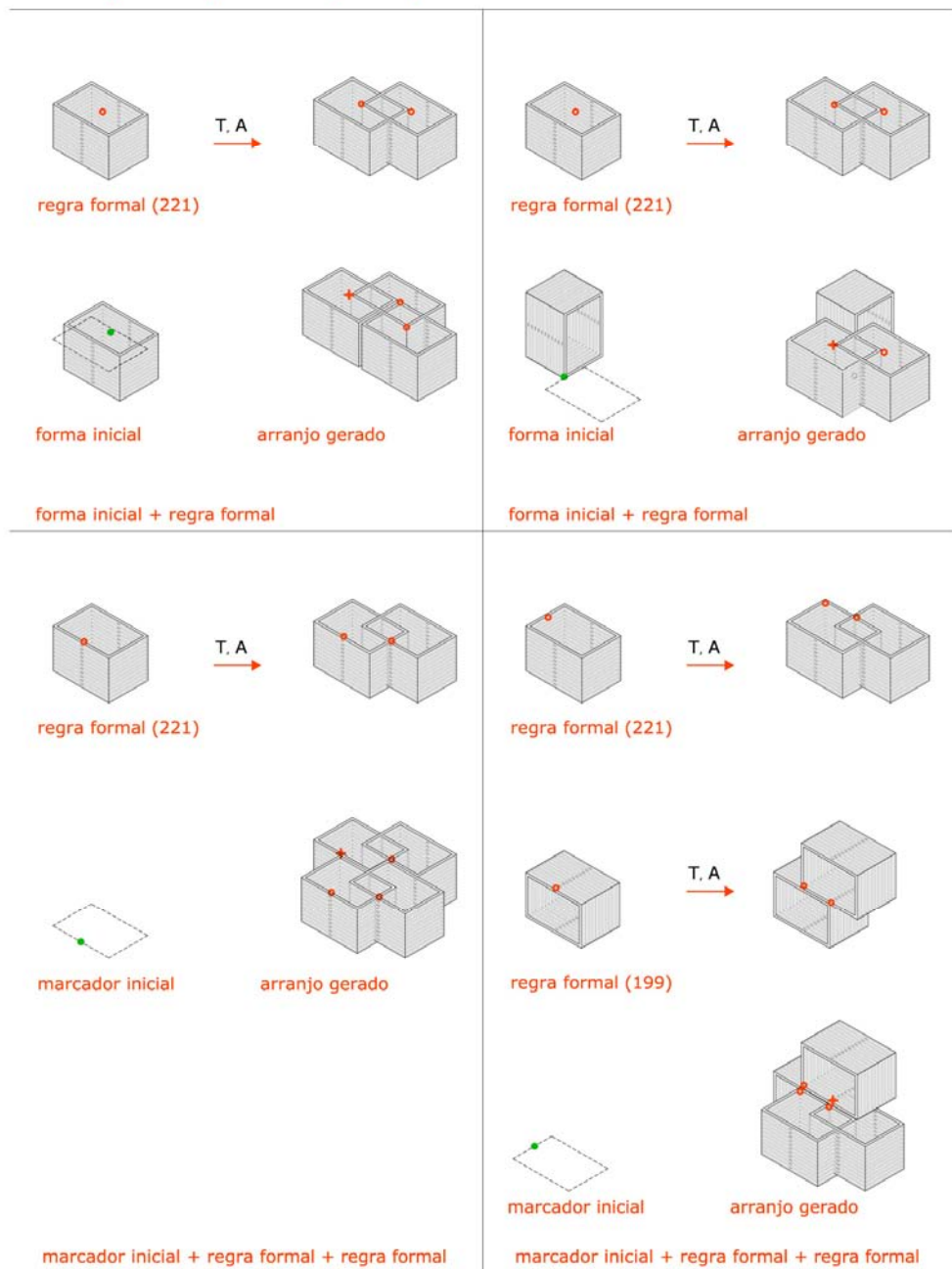


FIGURA 42 – Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº224, com diferentes regras formais e marcadores.

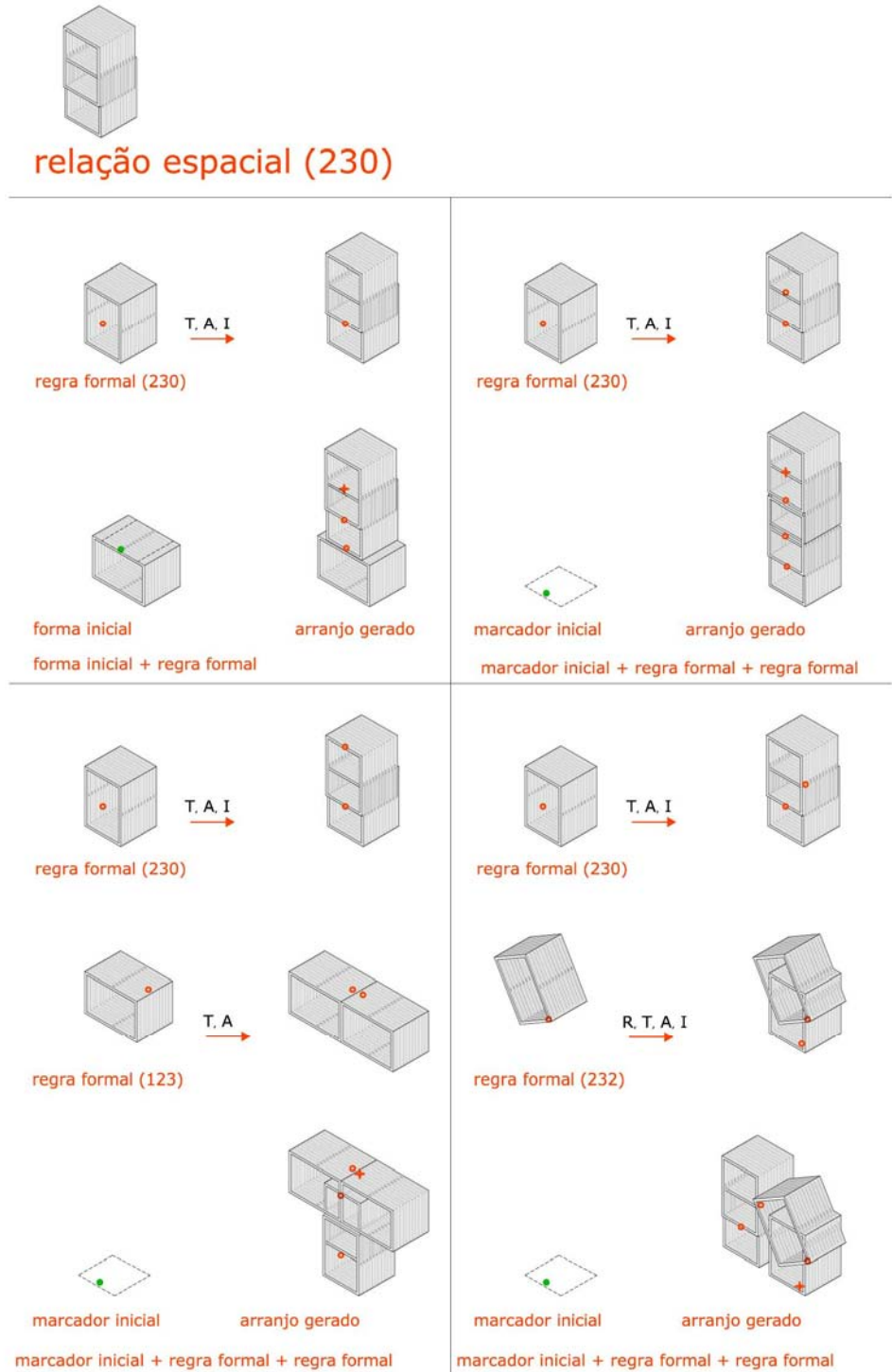


FIGURA 43 - Arranjos compositivos baseados na relação espacial nº230, com diferentes regras formais e marcadores.

A ilustração de que existe a possibilidade de escolha entre inúmeras soluções de arranjos (KNIGHT, 1999), finaliza a etapa de aplicação da teoria da Gramática de Formas ao estudo de caso, com a exemplificação de projetos generativos baseados nas relações espaciais quantificadas.

A identificação de funções em arranjos gerados é estabelecida pelo usuário, enquanto interage com módulos, dentro de um contexto, através da percepção de *affordances*. Para modelar a interação de usuários com os módulos do objeto de investigação e explorar as possibilidades de uso, foi realizado um experimento usabilidade.

2.2 DADOS QUALITATIVOS - TESTE DE USABILIDADE

O experimento de usabilidade para teste de concepção foi realizado com o modelo funcional (JORDAN, 2002 e ULRICH e EPPINGER, 2008), do objeto de investigação, *Vertibral*. Os requadros lineares (WONG, 1998) que compõem o modelo funcional foram usinados a partir de uma chapa de acrílico cristal de 2 mm, cortados a laser na escala 1/10.

A finalidade do experimento é confirmar se as escolhas dos usuários foram contempladas na quantificação das relações espaciais e, conseqüentemente, se poderiam ser geradas a partir de um projeto generativo em que as regras formais fossem derivadas das relações espaciais já quantificadas, para permitir a modelagem do

método que se aproxima da ação do usuário do mobiliário modular multifuncional.

2.2.1 JUSTIFICATIVA DO TIPO DE DINÂMICA

A dinâmica de interação face a face tipo *Co-Discovery* (KEMP e GELDEREN, 1996 e DUMAS e REDISH,1993), parte da observação da execução de tarefas por dois usuários, necessariamente trabalhando em duplas. Os usuários ajudam-se um ao outro como se estivessem trabalhando em conjunto para alcançar um objetivo comum: a utilização do objeto. Ao mesmo tempo, são estimulados a explicar o que estão pensando enquanto executam as tarefas. Comparada ao *Think Aloud Protocol* (ERICSSON e SIMON, 1993), a técnica torna mais natural a verbalização dos pensamentos durante um experimento, não há tanta interferência do moderador, os usuários tendem a não “racionalizar” tanto o que vão falar e não se sentem tão pressionados aos executar as tarefas (JORDAN, 2002).

2.2.2 NÚMERO DE USUÁRIOS

Diversos autores indicam o número de usuários (número amostral) para testes de usabilidade com caráter qualitativo. O número varia de 2 a 15 (NIELSEN 1993; JORDAN e KERR, 1993; VIRZI, 1992; WOOLRYCH e COOKTON, 2001). Contudo, este número não precisa ser determinado a partir de uma referência específica já que, estatisticamente, o número indicado é irrisório, não tem valor de representação matemática. Como se trata de pesquisa qualitativa,

onde é investigado o significado de um fenômeno, em profundidade, dentro de um contexto específico e o seu processo (GOLDENBERG, 1998), o número amostral estabelecido para este experimento, tem validade como representação de um indício.

Inicialmente, foi realizado um experimento piloto com uma dupla, cujos dados não foram analisados. Os participantes do experimento piloto demonstraram dificuldade de declarar funções a arranjos, devido à falta de informações sobre a materialidade do *Vertibral* na escala real do produto, do estabelecimento de um contexto de uso e de um parâmetro de escala. Verificou-se a necessidade de estabelecer estes parâmetros a partir de uma relação física, e não apenas declará-los verbalmente, como havia sido feito. Com base nesta experiência, foram verificadas as possibilidades de melhoria da metodologia do experimento, que, efetivamente, foi realizado com seis usuários (três duplas), em momentos diferentes para cada dupla, no mesmo espaço físico, para a coleta dos dados, com registro de áudio e vídeo.

2.2.3 DESCRIÇÃO DO GRUPO DE USUÁRIOS

Jordan (2002) indica que experimentos, desta natureza, sejam realizados com usuários em potencial do conceito do produto. A partir desta indicação, foi traçado o público alvo do produto, jovens de 20 a 35 anos de ambos os sexos, mais sucessíveis à mudança de residência, e menos resistentes à alterações de usos. Os participantes foram escolhidos por ser potenciais “usuários avançados” de um produto modular multifuncional. O caráter “avançado” deveu-se ao

fato de que todos participantes, que pertencem a cursos de arquitetura e design, tinham familiaridade com conhecimentos teóricos envolvidos na configuração dos módulos, podendo configurar módulos em arranjos de maior complexidade, mais difíceis de serem previstos.

Os participantes, estudantes universitários de graduação (3) e pós-graduação (3), estavam também divididos em gênero: dois homens e quatro mulheres. A média de idade dos participantes foi de 26,8 anos, sendo o mais jovem com 20 anos e o mais velho com 36 anos.

2.2.4 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO

Cada sessão de teste de usabilidade foi dividida em três fases.

Na primeira fase, a pesquisa foi apresentada, como uma tentativa para formulação de um método de geração de alternativas de configuração de módulos para atendimento funções do usuário. O modelo funcional utilizado no experimento também foi apresentado, prototipado na escala escolhida (1/10- figura 44), assim como foi disponibilizado em um contexto de uso (uma planta de um apartamento com medidas mínimas, de aproximadamente 26 m²- figura 45) e um manequim articulado de madeira (figura 46) na mesma escala do modelo e da planta apartamento. A planta e o manequim foram introduzidos, a partir do experimento piloto, para estabelecer uma relação de escala direta entre o "usuário", contexto e o objeto (JORDAN, 2002).

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

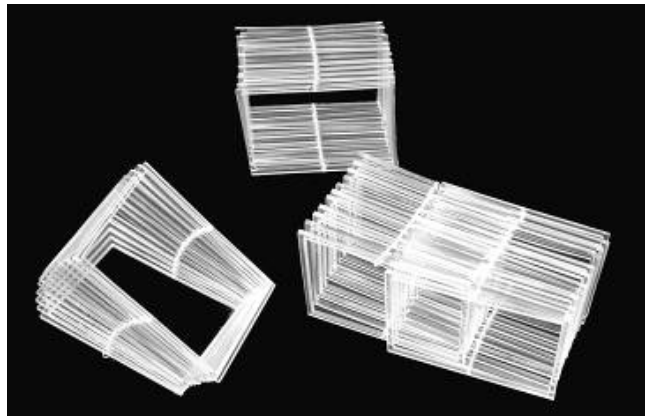


FIGURA 44- modelo funcional do objeto de investigação do estudo de caso-
Vertibral

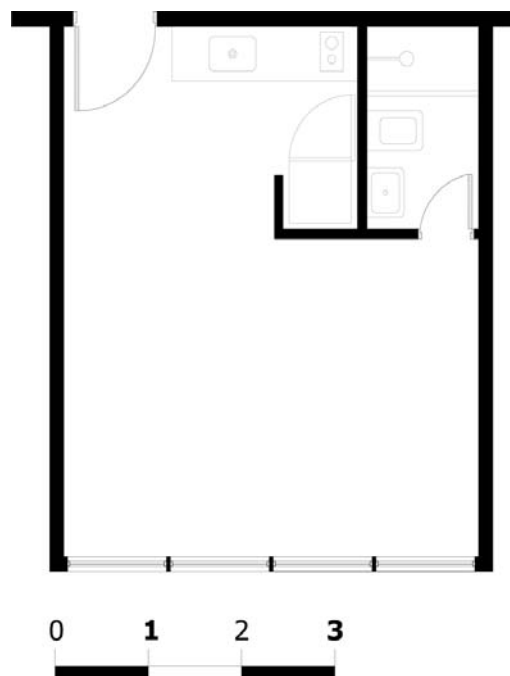


FIGURA 45- planta utilizada como plano de fundo para realização do experimento-
contexto

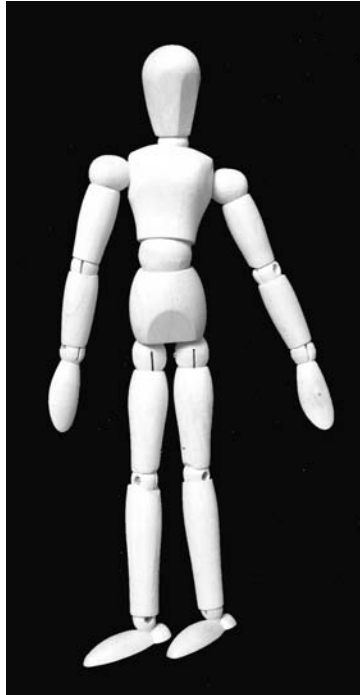


FIGURA 46 - manequim articulado de madeira- escala

Após as apresentações da primeira fase do experimento, foram passadas aos participantes as instruções de verbalização e a dinâmica do experimento foi explicada (ERICSSON e SIMON, 1993): “Vocês participarão de um experimento de usabilidade do tipo co-discovery, o objetivo deste tipo de experimento é que os dois participantes interajam com os módulos e verbalizem suas impressões durante a interação”. Foi também exibido um vídeo (KENAN, 2007b) do autor do objeto, com a apresentação do mesmo, para que os usuários pudessem ter impressões sobre a materialidade do produto real, já que o experimento foi realizado com um modelo funcional em escala reduzida.

Na segunda fase, foi solicitado que as duplas de usuários

executassem arranjos compositivos com qualquer quantidade de módulos (1,2,3, ou 4), para atender às funções, que o autor do *Vertibral*, Joseph Kenan, atribuiu ao objeto na concepção do produto: apoiar, sentar e armazenar, ou seja, arranjos para mesas, assentos e estantes, como descrito no site do produto (ESO GROUP, 2009). Além da delimitação das funções, os usuários foram **induzidos** a combinar os módulos nas mesmas posições estabelecidas para a quantificação das relações espaciais, vértices ou no meio das faces ou das arestas. A segunda fase do experimento durou aproximadamente dez minutos.

Na terceira fase, foi solicitado aos participantes que configurassem arranjos de forma a atender funções não previstas pelo autor do projeto sem, necessariamente, atender à restrição dos locais de composição dos módulos.

2.2.5 DADOS COLETADOS

Para cada sessão de teste de usabilidade, com base nos registros de áudio e vídeo, foi elaborada uma tabela (TABELAS 01, 02 e 03 do apêndice A) onde foram tabulados todos os eventos ocorridos durante o teste.

A tabela (figura 47) ilustra um evento ocorrido durante o teste de usabilidade realizado com a primeira dupla. Cada evento temporal (eixo x) está relacionado com oito colunas (eixo y).

Gramática de Formas e o mobiliário modular multifuncional:
um estudo de caso

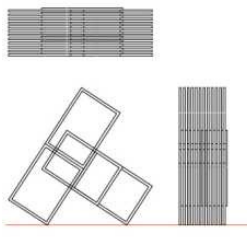
tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
14:10		estante	os usuários combinaram os módulos e testaram 3 orientações do arranjo em relação ao solo, antes de declarar a função	4	—	123 230	rotação translação adição interpenetração	55

FIGURA 47 – exemplo de um evento ocorrido durante o experimento de usabilidade com a dupla01

As três primeiras colunas correspondem a dados ocorridos durante o experimento: a primeira coluna, arranjo configurado, é a ilustração do arranjo gerado pela dupla de participantes do experimento; a segunda coluna, função declarada, é a declaração feita pela dupla de participantes, através de verbalizações durante o manuseio para composição dos arranjos; e a terceira coluna, comentário/observação, são os comentários relevantes ao entendimento do arranjo gerado ou observação feita, a partir da análise do vídeo e do áudio do experimento.

As quatro colunas subsequentes são dados relativos à análise da Gramática de Formas dos arranjos gerados pelos participantes: quarta coluna, número de módulos de cada arranjo; quinta coluna, posição relativa ao solo do módulo (quando o módulo foi utilizado isoladamente), sexta coluna, relações espaciais identificadas

(processo reverso dos projetos generativos exemplificados no capítulo anterior); e sétima coluna, as operações identificadas nas regras formais de cada arranjo gerado pelos participantes. A oitava e última coluna corresponde, em alguns dos eventos, ao registro do frame em vídeo da configuração dos arranjos gerados (FIGURAS de 48 a 73 do apêndice B).

No total foram registrados sessenta e três eventos (63), dos quais vinte e quatro (24) foram realizados pela primeira dupla, dezenove (19) pela segunda dupla e vinte (20) pela terceira dupla.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A organização dos eventos do experimento de usabilidade em uma tabela que contempla os dados de análise de Gramática de Formas dos arranjos gerados pelos participantes permitiu a observação de algumas incidências:

- O número de arranjos (com mais de dois módulos) com função declarada pelos usuários é significativamente maior, nos arranjos em que os usuários se utilizaram do recurso da interpenetração. São 27 arranjos viáveis, com interpenetração, com função declarada, contra 7 com função declarada e somente relações de adjacência entre os módulos.
- Algumas configurações geradas pelos participantes aparecem, previamente, no vídeo de demonstração e, ao que parece, induziram a combinação de alguns arranjos nas duplas experimentadas. Por exemplo, na primeira dupla, os arranjos gerados aos 12 minutos e 53 segundos, na segunda dupla, os arranjos gerados aos 4 minutos e 7 segundos e 4 minutos e 22 segundos e na terceira dupla os arranjos gerados aos 5 minutos e 9 segundos e aos 5 minutos e 25 segundos nos respectivos vídeos. Já outros arranjos, mesmo sem a potencial ocorrência de indução, foram recorrentes, pois possuem configuração formal semelhante à figura do objeto que cumpre a função declarada, como a cadeira configurada pela primeira dupla aos 5 minutos e 54 segundos, pela segunda dupla aos 10 minutos e 14 segundos e pela terceira dupla aos 5 minutos e 59 segundos.

- As relações espaciais mais frequentes nos arranjos gerados são as relações com interpenetração números 214 e 230 que respondem por mais de 1/4 das incidências
- Mesmo com a liberação, na terceira fase do experimento, da restrição dos locais de composição entre os módulos, todas as duplas, seguiram compondo os arranjos nos pontos estabelecidos pela restrição.
- As três duplas participantes do experimento de usabilidade, após um período de manipulação e compreensão das possibilidades combinatórias, de articulação e adjacência entre os módulos, conseguiram com certa facilidade, configurar os arranjos de maneira a atender as funções propostas pelo autor do objeto e na terceira fase do experimento, também as três duplas declararam diferentes funções aos arranjos.

Todos os arranjos criados pelos usuários, participantes do teste de usabilidade, podem ser gerados a partir das 232 relações espaciais em relação ao solo descritas.

A “re-construção” dos arranjos gerados pode ser feita a partir da evolução das relações espaciais identificadas para regras formais através da demarcação dos locais de incidência (marcadores) das diferentes operações booleanas, transformações isométricas (simetria) e transformações paramétricas em formas iniciais ou marcadores iniciais, como nos exemplos de projetos generativos do capítulo 3.

A constatação feita é de que as escolhas dos usuários foram contempladas na quantificação das relações espaciais em relação ao solo (análise através da Gramática de Formas dos eventos do experimento nas tabelas do apêndice A) e, conseqüentemente, poderiam ser geradas a partir de um projeto generativo em que as regras formais fossem derivadas das relações espaciais já quantificadas. Assim sendo, é possível afirmar que a modelagem de um método de antecipação de alternativas que recupera etapas deste estudo de caso pode prever a multifuncionalidade, para a concepção de um objeto, como um exemplar de mobiliário.

4. CONCLUSÕES

Na introdução desta dissertação, é declarado que a utilização de um método voltado à previsão da multifuncionalidade para a concepção de objetos, como o mobiliário, pode possibilitar a geração de alternativas que antecipem o atendimento de requerimentos funcionais do usuário.

Após a execução das etapas do modelo teórico baseado no relacionamento entre Gramática de Formas e modulação, e do experimento de usabilidade, é possível formular as bases para o método de antecipação de alternativas de configuração dos módulos para a previsão da multifuncionalidade. As bases podem ser resumidas em oito etapas:

1ª etapa- Adotar um módulo, com diferentes possibilidades posições de topologia em relação ao solo e de contato entre os módulos, para estabelecer as relações de adjacência e permeabilidade a partir de diferentes possibilidades de articulação.

2ª etapa- Registrar as posições relativas ao solo que o módulo pode ser colocado e investigar os eixos ordenadores de composição entre dois módulos para identificar, a partir da organização dos grupos de simetria plana (cíclico, diédrico e friso), que matrizes serão geradas. para a enumeração das relações espaciais possíveis entre dois módulos.

3ª etapa- Identificar as possíveis posições de contato entre os dois módulos em cada grupo de organização de simetria plana (por

exemplo: centro com centro, centro com meio e meio com meio.).

4ª etapa- Tabular as matrizes dos grupos de simetria plana identificados. As matrizes devem cruzar em linhas e colunas nas posições relativas ao solo que são viáveis em cada topologia do módulo no grupo, levando em conta a sua topologia e estabilidade necessária.

5ª etapa- Eliminar arranjos repetidos em diferentes grupos de simetria plana e com diferenças, apenas, a partir do ponto de vista do observador.

6ª etapa- Enumerar relações espaciais geradas em cada matriz e multiplicação do número quantificado pelas posições de contato entre os módulos de cada grupo.

7ª etapa- Criar de arranjos generativos a partir das relações espaciais quantificadas com a aplicação da teoria da Gramática de Formas formulada por STINY e GIPS.

8ª etapa- Identificar funções a partir do exercício de geração de arranjos.

A modelagem do método de antecipação de alternativas permitiu concluir que as possibilidades de articulações entre módulos têm correlação positiva, com o número de relações espaciais que poderão existir entre dois módulos e, conseqüentemente, também com o número de regras formais e arranjos generativos que poderão ser criados. Isto implica em maiores possibilidades para os usuários

em identificar funções, aproximando o projetista (designer) do usuário do produto.

A antecipação de alternativas pode ser apresentada na prática através de um “manual” de instruções que explicita as possibilidades de composições e as possibilidades de uso para o usuário. Este “manual” irá transferir ao usuário a compreensão da Gramática do produto.

Algumas possibilidades de investigação podem dar continuidade a esta dissertação como, por exemplo: repetir o experimento com mais participantes, e por um período de tempo maior, para quantificar com precisão quais são as relações espaciais mais frequentes, quais são as pouco exploradas e quais as não exploradas; repetir o experimento sem a apresentação de qualquer referência (vídeo, contexto ou escala) ou restrição (funções e pontos de contato) aos participantes e comparar com os resultados desta pesquisa; investigar sobre a relação entre sistemas de encaixes com diferentes possibilidades de arranjos entre módulos e a potencialização de relações espaciais; investigar que dimensões são propícias, a partir da ergonomia, para as composições de módulos que se pretendem multifuncionais; verificar, através de um estudo multicaso, as correspondências entre os níveis de simetria dos módulos, os números de relações espaciais possíveis entre dois módulos e os números de funções identificadas em cada objeto pelos usuários. Para o estudo multicaso com um universo representativo de exemplos seria necessária a criação de um algoritmo computacional para geração de matrizes e quantificação das relações espaciais entre

dois módulos e geração automática de arranjos que obedecem às relações espaciais quantificadas.

Conforme apresentado nesta dissertação, o uso do paradigma da Gramática de Formas, como modelo para o desenvolvimento de produtos se mostrou uma ferramenta que pode ser utilizada na geração de alternativas de composição, ou até mesmo na oferta de novas possibilidades de utilização de módulos de mobiliário, para atendimento de requerimentos funcionais do usuário. A Gramática de Formas, associada à modulação, também pode ser aplicada, na prática, no desenvolvimento de produtos industriais que busquem a variabilidade de soluções como meta de concepção inovadora.

A aplicação destes conceitos nas fases iniciais de projeto de produto também pode contribuir para a concepção de produtos sustentáveis, preocupação cada vez mais presente na sociedade contemporânea, na medida em que a variabilidade de soluções se reflete na diminuição do consumo e, por consequência, da extração de recursos naturais, pois um mesmo produto pode atender a diversos requerimentos funcionais.

REFERÊNCIAS

INTRODUÇÃO

AGARWAL, M; CAGAN, J. A Blend of Different Tastes: The Language of Coffee Makers. **Environment and Planning B: Planning and Design** 25:2 . p. 205-226. 1998.

BARBOSA, L.L. **Design de mobiliário Sustentável para a sociedade de consumo**. São Carlos. Nomads Usp; Fotocopia. 2001

BAUDRILLARD, Jean. **El sistema de los objetos**. Traduzido por Francisco González Aramburu. Siglo XXI, México, 1969.

BONSIEPE, Gui. **A "tecnologia" da tecnologia**. Edgar Blücher. São Paulo, 1983

CELANI, G. Uma introdução ao computational design e às shape grammars na arquitetura e no desenho industrial. **Revista de teoria e história da arquitetura e do urbanismo**. UFMG. 2005. Disponível em <http://www.arquitetura.ufmg.br/ia/IA7online/artigo_celaniok.htm>. Acessado em 31-07-2008.

CHIOU, S.C.; KRISHNAMURTI R., The fortunate dimensions of Taiwanese traditional architecture. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 22, p.547-562. 1995.

COLAKOGLU, Birgul. Design by grammar: an interpretation and generation of vernacular hayat houses in contemporary context. **Environment and Planning B: Planning and Design**.v. 32, p. 141 – 149. 2005.

CYPRIANO, D.; CELANI, G. A fachada inclinada na arquitetura moderna brasileira: uma análise com a gramática da forma. SIGraDi 2008 - **Proceedings of the 12th Iberoamerican Congress of Digital Graphics La Habana** - Cuba 1-5 December 2008. Disponível em < http://cumincades.scix.net/cgi-bin/works/Show?sigradi2008_085 > Acessado em 20-08-2009.

DOWNING, F.; FLEMMING, U., The bungalows of Buffalo. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 8. p. 269-293. 1981

DUARTE, J. Using Grammars to customize mass housing: the case of Siza's house at Malagueira. **IAHS World Congress on Housing**. Lisboa, Portugal. 1998

_____,. Towards the mass customization of housing: the grammar of Siza's houses at Malagueira. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 32, p. 347-380. 2005

FLEMMING ,U. More than the sum of parts: the grammar of Queen Anne houses. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 14. p 323-350. 1987.

FOLZ, Rosana Rita. **Mobiliário na habitação popular**. Dissertação de Mestrado USP 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18131/tde-09052005-115714/publico/FOLZ_MobiliarioHabPopular.pdf> Acesso em 22-01-2008.

_____, **Projeto tecnológico para produção de habitação mínima e seu mobiliário**. Tese de Doutorado USP 2008. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&c_o_obra=109419> Acesso em 27-03-2009.

GEUS, A. P. Modeling to predict or to learn? Em: MORECROFT, J. D. W; STERMAN, J. D. (Eds.) **Modeling for learning organizations**. Portland: Productivity Press, p. xii-xvi. (System Dynamics Series). 1994.

GIBSON, J.J. **The ecological approach to visual perception**. Boston : Houghton-Mifflin Company, 1986.

GIPS, J. Computer implementation of shape grammars. **Workshop on Shape Computation**, Boston, Computer Science Department, Boston College. 1999.

GRASL, T.; ECONOMOU, A. ; BRANUN, C. Combining Triples: Using a Graph Grammar to Generate Courthouse Topologies. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istanbul. p 605-611. 2009.

GODOI, G.; CELANI, G. Shape Grammars and Historical Town Renovations: A Case Study in Monte Alegre Do Sul. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istanbul. p 237-242. 2009.

GUALLART, Vicente. **Sociopolis: Project for a City of the Future**. Actar, Barcelona, 2004.

HUANG, Chun-Che. **Overview of Modular Product Development**. Laboratory of Intelligent Systems and Information Management, Department of Information Management, National Chi-Nan University. Puli, Taiwan, R.O.C. p. 149-165. 2000.

KARZEL, R.; MATCHA, H. Experimental Design-Build: Teaching Parameter-based Design. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istanbul. p 153-158. 2009.

KNIGHT, T. W. The Forty-one Steps: the language of Japanese tea-room designs. **Environment and Planning B**. v. 8, p. 97-114, 1981.

KNIGHT, T. W. The generation of Hepplewhite-style chair back designs. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 7. p. 227-238. 1980.

_____, Applications in Architectural Design, and Education and Practice. **Report for NSF/MIT Workshop on Shape Computation**. NSF/MIT Workshop on Shape Computation, 1999. Disponível em : <<http://www.shapegrammar.org/education.pdf>>. Acessado em 25/05/2009.

KONING, H.; EIZENBERG, J. The language of the prairie: Frank Lloyd

Wright's prairie houses. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 8, p.295-323. 1981.

LIMA, Elaine Garcia. **Diagnóstico ambiental de empresas de móveis em Madeira situadas no Pólo Moveleiro de Arapongas-PR** / Elaine Garcia de Lima. 2005

MANZINI, Ezio. **A matéria da invenção**. Coleção Design, tecnologia e gestão. Centro Português de Design. 1993

MATCHA, H.; QUASTEN, G. A Parametric-Typological Tool:More Diversity for Mass Produced Single Family Homes Through Parametrized Design and Customized Mass Production. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istambul. p. 409-416. 2009.

MAYER, R. **A Linguagem de Oscar Niemeyer**. Dissertação de Mestrado. PROPAR. UFRGS. Porto Alegre, 2003.

McCORMACK, J., CAGAN, J. and VOGEL, C. Speaking the Buick Language: Capturing, Understanding, and Exploring Brand Identity with Shape Grammars **Design Studies**. 25(1), 1-29. 2004.

MELO, Alexandre P. B. **Móveis Artísticos Z (1948-1961): o moderno autodidata e seus recortes sinuosos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos / USP, 2001.

_____, **Design do Mobiliário Moderno Brasileiro: aspectos da forma e sua relação com a paisagem**. Tese de Doutorado. FAU USP, 2008.

MUNARI, **Das Coisas Nascem Coisas**. Martins Fontes, 1998. 1ª edição.

PAIO,A.; TURKIENICZ, B. A Generative Urban Grammar for Portuguese Colonial Cities, During the Sixteenth to Eighteenth Centuries. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istambul. p. 585-592. 2009.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.H. **Projeto na engenharia: fundamento no desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 1ª edição. Edgard Blücher, 2005

PUGLIESE, M.; CAGAN, J. Capturing a Rebel: Modeling the Harley-Davidson Brand through a Motorcycle Shape Grammar Research. **Engineering Design**. 13(3), 139-156. 2001.

REIS, Pedro Ferreira. **Estudo da interface aluno-mobiliário: a questão antropométrica e biomecânica da postura sentada**. Dissertação de Mestrado. EPS/CTC/UFSC, 2003.

SALHIEH,S.M. A Methodology to redesign heterogeneous product portfolios as homogeneous product families. **Computer Aided-Design**. Volume 39. Issue12. p. 1065-1074. 2007

SANTOS, M. C. L. dos. **Móvel Moderno no Brasil**. Estúdio Nobel EDUSP, 1995.

SENER, M. ; TORUS, B. Container Post Disaster Shelters – C-PoDS:A Generative Approach to Temporary Post-Disaster Sheltering. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istambul. p. 599-604. 2009.

SILVA, Elísa Monteiro. **Avaliação da Preferência de Cadeiras para Diferentes Tipos de Trabalhos de Escritório**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre,PPGEP-UFRGS, 2003.

SOARES, Marcelo M. **Custos humanos na postura sentada e parâmetros para avaliação e projetos de assentos: carteira universitária, um estudo de caso**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro,COPPE-UFRJ, 1990.

STINY, G. Ice-ray: a note on Chinese lattice designs. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 4. p.89-98. 1977.

_____, Introduction to shape and shape grammars. **Environment and Planning B**. London, Volume 3 p. 343-351, 1980 (A).

_____, Kindergarten grammars: designing whit Fröebel´s building gifts. **Environment and Planning B**. London, Volume 7 p. 409-462, 1980 b.

STINY, G. e GIPS, J. Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. Em C. V. Freiman, ed., **Information Processing 71** .North Holland, Amsterdam. p. 1460-1465. 1972.

STINY, G.; MITCHELL, W. J., The Palladian Grammar. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 5. p. 5-18. 1978 a.

_____,. Counting Palladian plans. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 5 189-198, 1978 b

TEIXEIRA, A. B. **Competitividade da Indústria Moveleira de Exportação**. Dissertação de Mestrado. UERJ. 2006

TRAMONTANO, M., NOJIMOTO, C. **Design_Brasil fim de século: comparação entre compilações nacional e internacional**. São Carlos: Nomads.usp, 2003. Disponível em: <www.nomads.usp.br/site/livraria/livraria_artigos_online05.htm> Acessado em 17-05-2009.

TORUS, B,; COLAKOGLU, B. Plan Layout Generator (PLG): A Rule-Based Plan Layout Generator for Mardin Houses. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istambul. p. 426-430. 2009.

TVERSKY, B. Form and function. Em L. A. CARLSON & E. VAN DER ZEE EDITORS, **Functional features in language and space: Insights from perception, categorization and development**. p. 331-347. Oxford: Oxford University Press. 2004

ULRICH, K. T. and S. D. EPPINGER **Product Design and Development**.McGraw-Hill, New York, NY, U.S.A. 2008.

VAMVAKIDIS, S. Légumes Urbaines: Digital Modeling Transformations +

Prototype Fabrication Based on the Egg Crate Construction Method. **Proceedings of 27th eCAADe** (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). Istanbul. p. 313-321. 2009.

WEBER, R. **A Linguagem da estrutura na obra de Vilanova Artigas**. Dissertação de Mestrado. PROPARG. UFRGS. Porto Alegre, 2005.

WESTPHAL, E. **A Linguagem da Arquitetura Hospitalar de João Filgueiras Lima**. Dissertação de Mestrado. PROPARG. UFRGS. Porto Alegre, 2007.

WOODBURY, R.F. ; RADFORD, A.D., TAPLIN, P. N. e COPPINS, S.A. Tartan Worlds: A Generative Symbol Grammar System, **Proceedings 1992 Acadia Conference**, Acadia p.211-214 . 1992

SALHIEH, S.M. A Methodology to redesign heterogeneous product portfolios as homogeneous product families. **Computer Aided-Design**.v. 39. nº12. p.1065-1074. 2007

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

ARNHEIM, Rudolf. **Intuição e intelecto na arte**. Tradução de Jeffersom Luiz Camargo. São Paulo. Martins Fontes, 1989.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1977.

BEVAN, N.; KIRAKOWSKI, J, MAISSEL, J. What is usability? **Proceedings of the 4th International Conference on HCI**. Stuttgart, September 1991

CELANI, G. Uma introdução ao computational design e às shape grammars na arquitetura e no desenho industrial. **Revista de teoria e história da arquitetura e do urbanismo**. UFMG. 2005. Disponível em <http://www.arquitetura.ufmg.br/ia/IA7online/artigo_celaniok.htm>. Acessado em 31-07-2008.

CHA, M, GERO, J. **Shape Pattern Representation for Design Computation**. 2006. Disponível em: <<http://mason.gmu.edu/~jgero/publications/Progress/ChaGero.pdf>> Acessado em 20/02/2009 .

CHING, F.D.K. **Dicionário visual de arquitetura**. Tradução Júlio Fischer. São Paulo. Martins Fontes. 1999

CLARK, Roger H.; PAUSE, Michel. **Arquitectura: temas de composición**. Gustavo Gilli, Barcelona. 1997.

DAHMUS, J.B.; GONZALES-ZUGASTI, J.P.; OTTO, K.N. Modular product architecture. **Design Studies**. v.22. nº5. p. 409-424.2001

DEVLIN, Keith. **Mathematics: The Science of Patterns. The search for order in life, mind, and the universe.** Science American Library. New York, 1997.

DIN, Edouard.Denis. **Emergent symmetries:a group theoretic analysis of twentieth century architecture.** Doctoral Thesis, Georgia Institute of Technology, 2008.

DUMAS, J.S. REDISH, J. **A practical guide to usability testing.** Ablex Publishing.1993

ERICSSON, Anna; ERIXON, Gunnar **.Controlling Design Variants: Modular Product Society of Manufacturing Engineers.** Stockhom, 1999.

GIBSON, J.J. **The ecological approach to visual perception.** Boston : Houghton-Mifflin Company, 1986.

GERO, J.S. Creativity, Emergence and evolution in design: concepts and framework. **Knowledge- Based Systems.** p. 435-448. 1996

_____,Creativity, emergence and evolution in design: concepts and framework. **Knowledge-Based Systems.** p.435-448. 1996.

_____,KANNENGIESSER, U. The situated function-beaviour - structure framework. **Design Studies.** 25. v.4. p. 373-291.2004

GOMES FILHO, João. **Gestalt do objeto: sistema de leitura visual da forma.** 8ª edição. São Paulo. Escrituras, 2008.

HUANG, Chun-Che. **Overview of Modular Product Development.** Laboratory of Intelligent Systems and Information Management, Department of Information Management, National Chi-Nan University. Puli, Taiwan, R.O.C. p. 149-165. 2000.

JORDAN, P. **An introduction to usability.** UK: Taylor & Francis, 2002.

KNIGHT, T. W. **Constructive symmetry.** Environment and Planning B: Planning and Design 22.v. p.419-450 1995

_____, Applications in Architectural Design, and Education and Practice. **Report for NSF/MIT Workshop on Shape Computation.** NSF/MIT Workshop on Shape Computation, 1999 a. Disponível em :<[http://www.shapegrammar.org/ education.pdf](http://www.shapegrammar.org/education.pdf)>. Acessado em 25/05/2009.

_____, Shape grammars: five questions. **Environment and Planning.** 11 Planning and Design 1999, v. 26, p.477-501.1999 b.

KROES, P (2001) Technical functions as dispositions: a critical assessment. **Techne**(**Electronic Journal of the Society for Philosophy and Technology**) v. 5 nº 3. p.1 – 16 <<http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v5n3/pdf/kroes.pdf>> Acesso em 17-10-2008.

LE CORBUSIER, **Por uma arquitetura**. Tradução de Ubirajara Rebouças. 6ª edição. São Paulo. Perspectiva. 2004 (texto originalmente publicado em 1921)

MAHER, M. L.; GERO, J. S.; SAAD, M. Synchronous support and emergence in collaborative CAAD. Em U. Flemming and S. Van Wyk (eds). **CAAD Futures '93**, North-Holland, Amsterdam, p. 455-470 1993

MARCH, Lionel e STEADMAN, Phillip. **The geometry of environment: An introduction to spatial organization design**. Methuen and Co Ltd. Canada, 1971

MITCHELL, W. J. **The Logic of Architecture**. MIT Press, Cambridge, MA. 1992

MITRA, N.J.; PAULY, M. Symmetry for Architectural Design. **Proceedings of Advances in Architectural Geometry**. Vienna, Austria September p.13-16, 2008

MONTANER, Josep Maria, **As formas do século XX**. Editora Gustavo Gili. Barcelona, 2002

MONTERO, F.M.; LÓPEZ-JAQUERO, V.; LOZANO, M.; GONZÁLES, P. A quality model for testing usability of web sites. Em: Human-computer interaction: theory and practice **Volume 1 de Human factors and ergonomics**. Proceedings of HCI International 2003

MUNARI, Bruno. **Design e comunicação visual: contribuição para uma metodologia didática**. Tradução Daniel Santana. Ed. Martins Fontes, 2ª edição. 1997

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: fundamento no desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 1ª edição. Edgard Blücher, 2005

PRESTON, B. Why is a Wing Like a Spoon? A Pluralist Theory of Function. **Journal of Philosophy**. nº95 . v.5. p. 215-254. 1998

ROCK, I.; PALMER, S. The Legacy of Gestalt Psychology. **Scientific American**. Dez. p. 48-61. 1990.

SCHATTSCHEIDER, Doris. The Plane Symmetry Groups: Their Recognition and Notation. **American Mathematical Monthly**. nº85, v. 6, p. 439-50, Jun-Jul 78

SIQUEIRA, Nayara Moreno. **Laboratório da Forma**. Dissertação de Mestrado Unb, Brasília 2006.

STINY, G. Ice-ray: a note on Chinese lattice designs. **Environment and Planning B**. Planning and Design 4. p.89-98. 1977.

_____, Introduction to shape and shape grammars. **Environment and Planning B**. London, v. 3 p. 343-351, 1980 (A).

_____, Kindergarten grammars: designing whit Fröebel's building gifts. **Environment and Planning B**. London, v. 7 p.. 409-462, 1980 (B).

STINY, G; GIPS J. Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture em C V Freiman (ed)Information Processing 71(Amsterdam: North-Holland) 1460-1465. Republished in Petrocelli O R (ed) 1972. **The Best Computer Papers of 1971**. Auerbach, Philadelphia p. 125-135. 1972.

TVERSKY, B. Form and function. In L. A. CARLSON & E. VAN DER ZEE EDITORS, **Functional features in language and space: Insights from perception, categorization and development**. p. 331-347. Oxford: Oxford University Press. 2004

ULRICH, K. T. and S. D. EPPINGER **Product Design and Development**.McGraw-Hill, New York, NY, U.S.A. 2008

WERTHEIMER, Max. Laws of Organization in Perceptual Forms. Primeira publicação como Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II, in Psychologische Forschung, v. 4,p. 301-350.). **A source book of Gestalt psychology** (pp. 71-88). London: Routledge & Kegan Paul. 1923. Disponível em < <http://psychclassics.yorku.ca/Wertheimer/Forms/forms.htm>>. Acessado em 12-09-2008

WONG, Wucius. **Princípios e forma de desenho**. Tradução Alvimar Helena Lamparelli. São Paulo. Martins Fontes. 1998

MATERIAL E MÉTODOS

DUMAS, J.S.; REDISH, J. **A practical guide to usability testing**. Ablex Publishing.1993

GERSTING, J. L. **Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação**. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2004.

GIBSON, J.J. **The ecological approach to visual perception**. Boston : Houghton-Mifflin Company, 1986.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Record, 1998.

ESO GROUP. **Site Vertibral**. Disponível em <<http://www.esogroup.com.au/products/vertibral.php>>. Acessado em:14-10-2008.

JORDAN, P. **An introduction to usability**. UK: Taylor & Francis, 2002.

JORDAN P.; KERR K. A multi-function phone system evaluation. In: Lovesey (ed) **Contemporary ergonomics**. Taylor & Francis, London, p. 416-421. 1993.

KEMP, J.A.M.;GELDEREN,T. Van, Co-discovery exploring: an informal method for interactively designing consuming products, in Jordan P.W. et al ,**Usability evaluation in Industry**, p.139-146. London. Taylor and Francis,1996.

KENAN, J.; **Eso Group Vertibral**. 2007a. Disponível em <<http://www.esogroup.com.au/products/vertibral.php>>. Acessado em:14-10-2008.

_____ ; **Eso Group Vertibral**. 2007 b. Vídeo disponível em <<http://www.esogroup.com.au/products/vertibral.php>>. Acessado em:14-10-2008.

KNIGHT, T. W. Color grammars: the representation of form and color in design. **Leonardo**. v.26, p. 117-124, 1993.

KNIGHT, T. W. Shape grammars and color grammars in design_ **Environment and Planning B**. v. 21, p. 705-735, 1994.

KNIGHT, T. W. Constructive symmetry. **Environment and Planning B: Planning and Design**. **22**. v.4. p. 419 - 450. 1995

KNIGHT, T.W.,Applications in Architectural Design, and Education and Practice. **Report for NSF/MIT Workshop on Shape Computation**, NSF/MIT Workshop on Shape Computation, 1999 a. Disponível em :<<http://www.shapegrammar.org/education.pdf>>. Acessado em 25/05/2009.

NIELSEN, J. Usability engineering. Academic Press Inc, San Diego, USA. 1993.

STINY, G., Kindergarten grammars: designing whit Froebel ´s building gifts. **Enviroment and Planning B**. London, Volume 7 p. 409-462, 1980 (B).

TVERSKY, B. Form and function. In L. A. CARLSON & E. VAN DER ZEE EDITORS, **Functional features in language and space: Insights from perception, categorization and development**. p. 331-347. Oxford: Oxford University Press. 2004

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. McGraw-Hill, New York, NY, U.S.A. 2008

VIRZI, R. **Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough?** Human Factors 34, p.457-486 . 1992

WONG, Wucius. **Princípios e forma de desenho**. Tradução Alvimar Helena Lamparelli. São Paulo. Martins Fontes. 1998

WOOLRYCH, A.; COCKTON, G. Why and when five test users aren't enough. **Proceedings of IHM-HCI 2001**, v.2, 105-108. Toulouse, France:Cépaduès-Éditions.2001.

ANEXO A- Termo de consentimento para participantes do experimento

Universidade Federal do Rio Grande do Sul Programa de Pós-Graduação em Design Mestrado em Design e Tecnologia

Com o objetivo de verificar como se dá a usabilidade de um objeto que é estudo de caso na dissertação: Gramática de formas e o projeto do mobiliário modular multifuncional: um estudo de caso residencial, a mestranda Fernanda Reis Schreiner, realizará um experimento, comprometendo-se a prestar aos participantes os esclarecimentos posteriores que se fizerem necessários pelo fone [REDACTED]

A pesquisa é orientada pelo professor PhD Benamy Turkienicz, da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, e os dados qualitativos coletados serão utilizados somente para fins de produção científica, cujos resultados serão divulgados apenas em apresentações e publicações acadêmicas. Cabe salientar que a participação da pesquisa não oferece qualquer prejuízo de qualquer natureza, e a identidade dos participantes será mantida confidencial, através do uso de pseudônimos.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Ciente de que os dados coletados através de observações, fotografias, entrevistas e registros de vídeo serão usados somente para fins de pesquisa científica, cujos resultados serão divulgados apenas em apresentações e publicações acadêmicas, eu, _____ renuncio voluntariamente aos direitos referentes à minha participação no experimento de usabilidade e autorizo o uso de tais dados, contanto que a minha identidade seja preservada.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2009

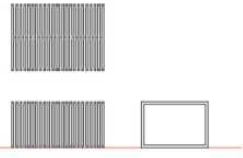
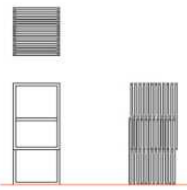
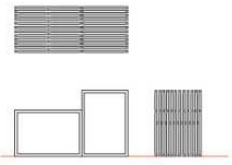
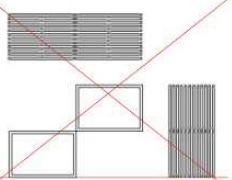
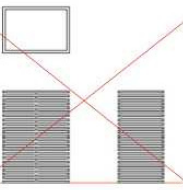
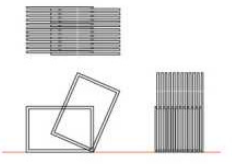
Assinatura

RG

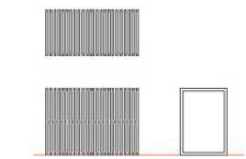
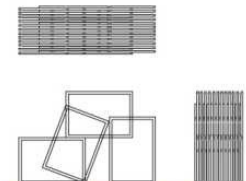
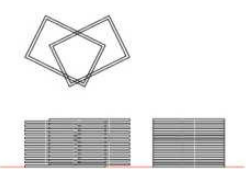

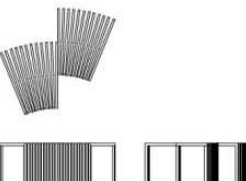
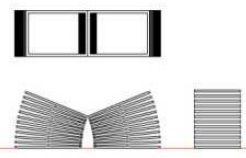
Telefone e e-mail

APÊNDICE A - Tabelas com transcrição e análise dos dados do experimento de usabilidade realizado com três duplas de participantes.

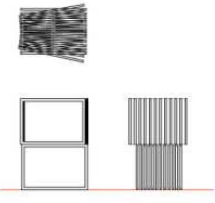
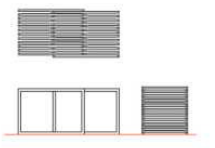
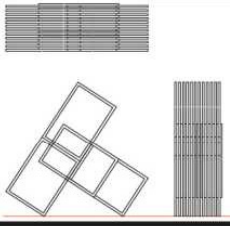
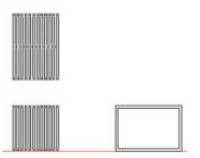
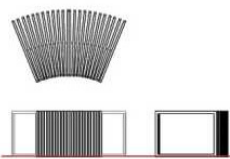
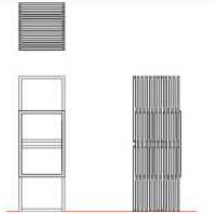
DUPLA 01- Parte 01

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /obsevação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
2ª fase								
03:35				2	—	129	translação adição	48
04:10		bancada, estante		2	—	230	translação adição interpenetração	
04:49				2	—	141	rotação translação adição	
05:28			posição sem estabilidade, um dos usuários identificou a necessidade de um encosto para sentar	2	—	—	translação adição	49
05:50			posição sem estabilidade, um dos usuários busca uma relação de escala com o manequim	2	—	—	translação adição	
05:54		assento		2	—	221	rotação translação adição interpenetração	50

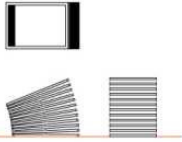
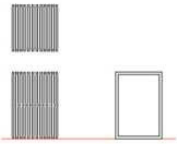
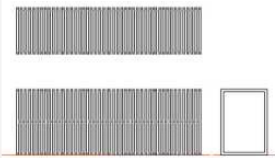
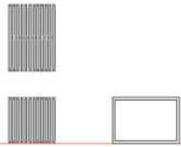
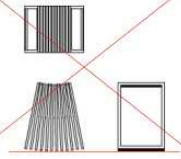
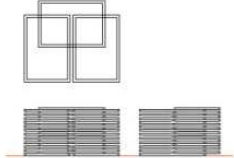
DUPLA 01- Parte 02

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
07:06		bancada		2	—	136	translação adição	51
08:53		assento, bancada armário		4	—	221 231	rotação translação adição interpenetração	52
10:58		armaze- namento vertical		2	—	229	rotação translação adição interpenetração	
11:26				2	—	14	rotação translação adição reflexão bilateral transformação paramétrica	
11:37				2	—	109	rotação translação adição reflexão bilateral transformação paramétrica	53
12:29			um dos usuários declara que arranjo poderia ser um assento, se utilizado em combinação com outros elementos	2	—	154	rotação translação adição reflexão bilateral transformação paramétrica	54

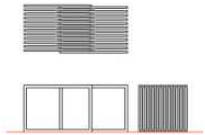
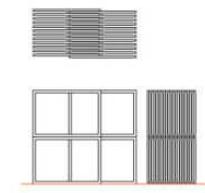
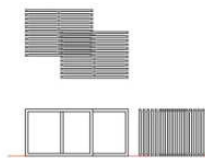
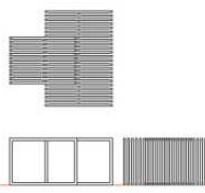
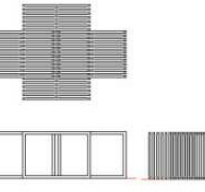
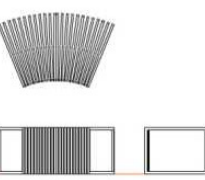
DUPLA 01- Parte 03

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /obsevação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
12:43				2	—	198	translação adição transformação paramétrica	
12:53				2	—	214	translação adição interpenetração	
14:10		estante	os usuários combinaram os módulos e testaram 3 orientações do arranjo em relação ao solo, antes de declarar a função	4	—	123 230	rotação translação adição interpenetração	55
3ª fase								
14:21		brinquedo criança: túnel		1	F	—	—	
14:43		mobiliário urbano: banco		2	—	109	translação reflexão bilateral adição transformação paramétrica	56
15:22		escada		3	—	230	translação adição interpenetração	57

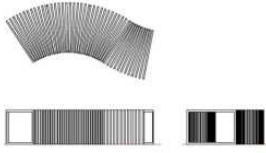
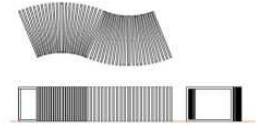
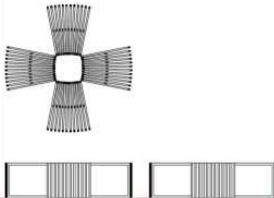
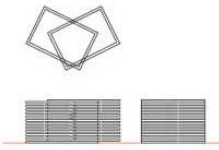
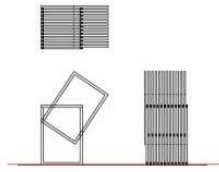
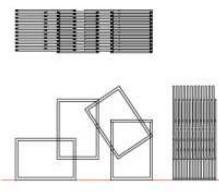
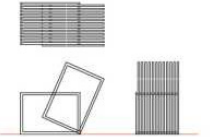
DUPLA 01- Parte 04

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /obsevação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
15:39		cercadinho criança		1	J	—	—	
15:51		secador de roupas		1	G	—	—	
17:05		abrigo para mendigo		4	—	136	translação adição	58
17:41		revistero		1	F	—	—	
17:50		balanço criança	posição sem estabilidade	1	—	—	—	
18:50		porta objetos vertical		3	—	144 231	rotação translação adição interpenetração	

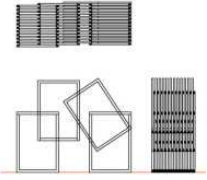
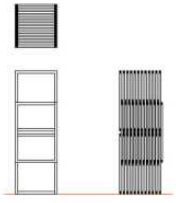
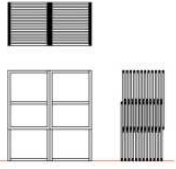
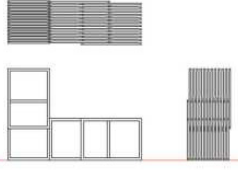
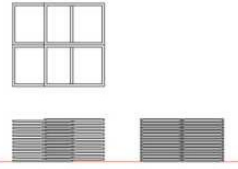
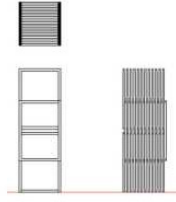
DUPLA 02- Parte 01

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /obsevação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
2ª fase								
04:07			arranjo configurado no vídeo de demonstração	2	—	214	translação adição interpenetração	59
04:22		estante	arranjo configurado no vídeo de demonstração	4	—	199 214	translação adição interpenetração	
04:42				2	—	214	translação adição interpenetração	
05:29		mesa de centro		3	—	129 214	translação adição interpenetração	
05:51		mesa de centro		4	—	123 129 214	translação adição interpenetração	60
06:03		banco		2	—	109	translação reflexão bilateral adição transformação paramétrica	


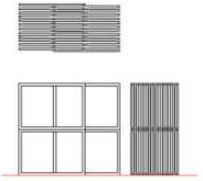
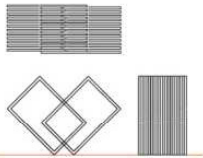
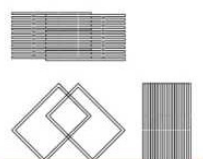
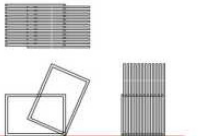
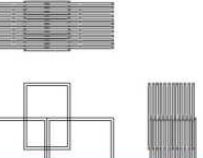
DUPLA 02- Parte 02

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
06:11		banco		4	—	14 109	rotação translação reflexão bilateral adição transformação paramétrica	61
06:43		banco		4	—	14 109	rotação translação reflexão bilateral adição transformação paramétrica	
07:18		banco		4	—	2	rotação translação adição transformação paramétrica	62
08:58				2	—	229	rotação translação adição interpenetração	
09:05				2	—	232	rotação translação adição interpenetração	
09:45		estante		4	—	215 232	rotação translação adição interpenetração	63
10:14		cadeira		2	—	221	rotação translação adição interpenetração	64

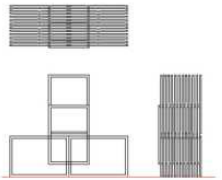
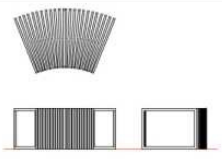
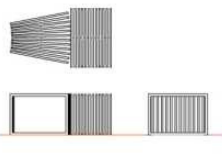
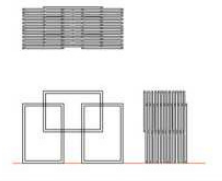
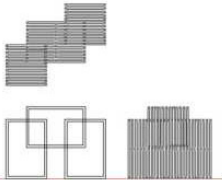
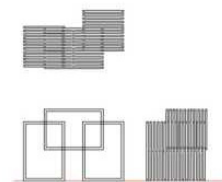
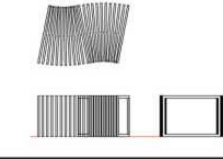
DUPLA 02- Parte 03

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
10:57		estante		4	—	216 232	rotação translação adição interpenetração	
12:06		estante		4	—	230	translação adição interpenetração	
12:30		estante		4	—	144 230	translação adição interpenetração	
12:32		estante		4	—	214 230	rotação translação adição interpenetração	65
3ª fase 13:36		floreira		4	—	199 214	translação adição interpenetração	66
14:32		display de produtos		3	—	230	translação adição interpenetração	

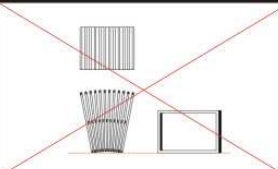
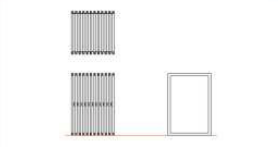
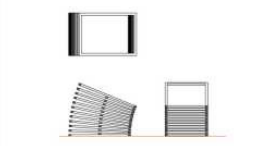
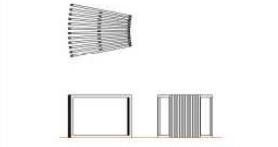
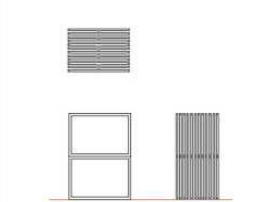
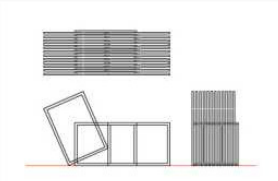
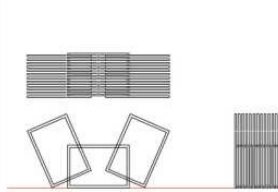
DUPLA 03- Parte 01

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
2ª fase								
05:09		estante	arranjo configurado no vídeo de demonstração	2	—	214	translação adição interpenetração	
05:25		estante	arranjo configurado no vídeo de demonstração	4	—	199 214	translação adição interpenetração	
05:46				2	—	223	rotação translação adição interpenetração	67
05:59		estante		2	—	22	rotação translação adição interpenetração	68
05:59 ²		cadeira		2	—	221	rotação translação adição interpenetração	
06:55		banco estante		3	—	123 215	rotação translação adição interpenetração	

DUPLA 03- Parte 02

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
07:47		banco estante		3	—	123 230	rotação translação adição interpenetração	69
08:47				2	—	109	translação reflexão bilateral adição transformação paramétrica	
08:52				2	—	124	rotação translação adição transformação paramétrica	
10:02		mesa		3	—	231	rotação translação adição interpenetração	70
11:56		mesa		3	—	231	rotação translação adição interpenetração	
13:36		mesa		3	—	231	rotação translação adição interpenetração	71
14:56				2	—	14	rotação translação adição reflexão bilateral transformação paramétrica	

DUPLA 03- Parte 03

tempo minutos	arranjo configurado	função declarada	comentário /observação	número de módulos	posição relativa em relação ao solo	relações espaciais identificadas	regras identificadas	FIGURA n° foto
3ª fase 16:28		luminária	posição sem estabilidade	1	—	—	—	72
16:30		luminária		1	F	—	—	
17:10		revisteiro		1	J	—	—	
17:12		revisteiro		1	B	—	—	
17:47				2	—	199	translação adição	73
18:53				3	—	123 221	rotação translação adição interpenetração	
19:01				3	—	221	rotação translação adição interpenetração	

APÊNDICE B - Fotos do experimento de usabilidade realizado com três duplas de participantes.



FIGURA 48 - Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 03:35



FIGURA 49 - Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 05:28



FIGURA 50 - Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 05:54



FIGURA 51 - Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 07:06

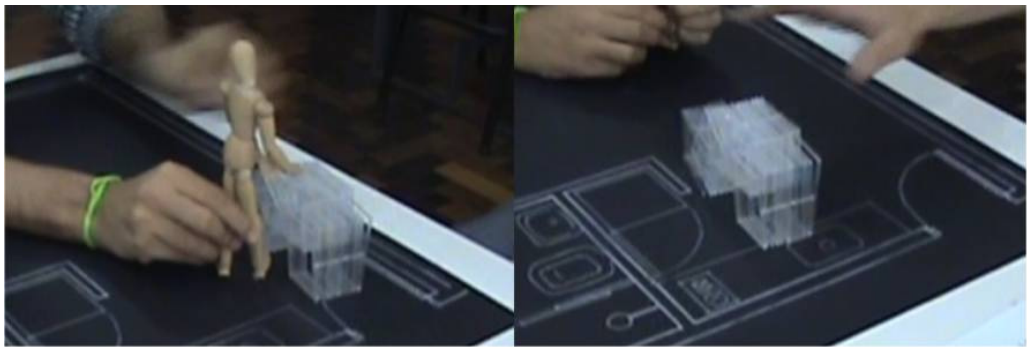


FIGURA 52- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 08:53

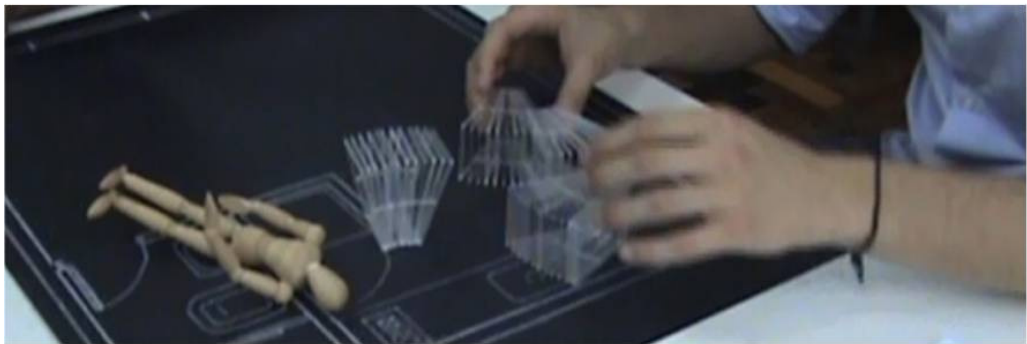


FIGURA 53- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 11:37



FIGURA 54- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 12:29

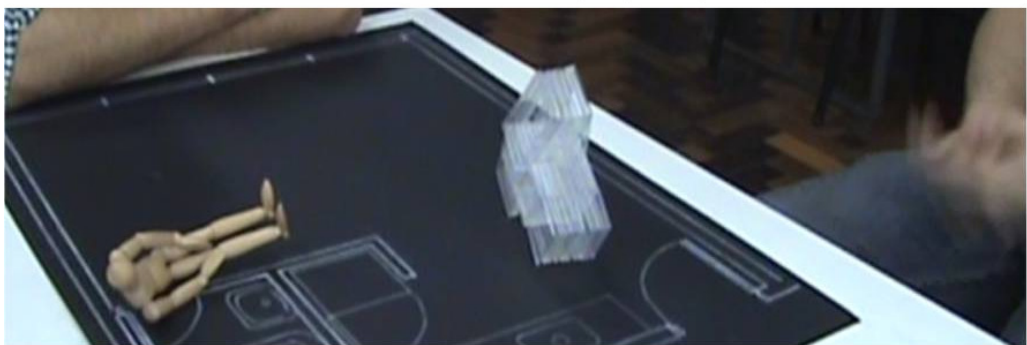


FIGURA 55- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 14:10



FIGURA 56- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 14:43



FIGURA 57- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 15:22



FIGURA 58- Teste de usabilidade, dupla 01, tempo 17:05



FIGURA 59- Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 04:07



FIGURA 60- Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 05:51

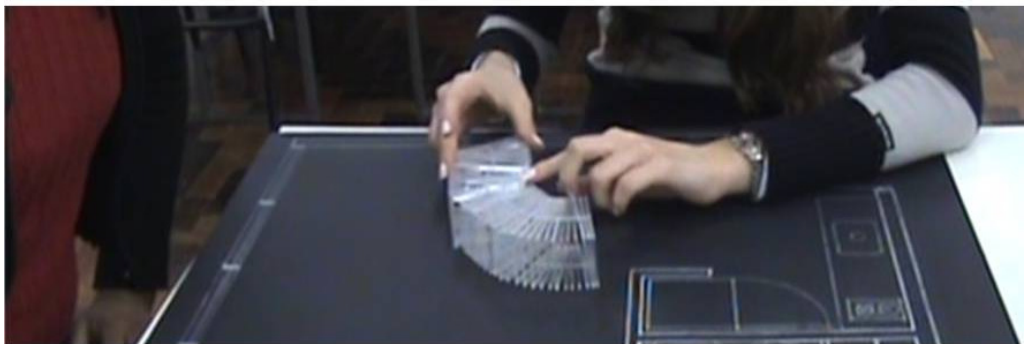


FIGURA 61- Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 06:11

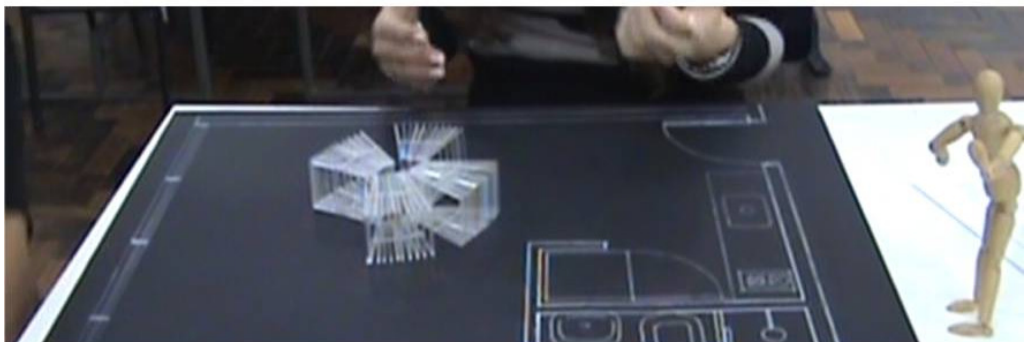


FIGURA 62 - Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 07:18

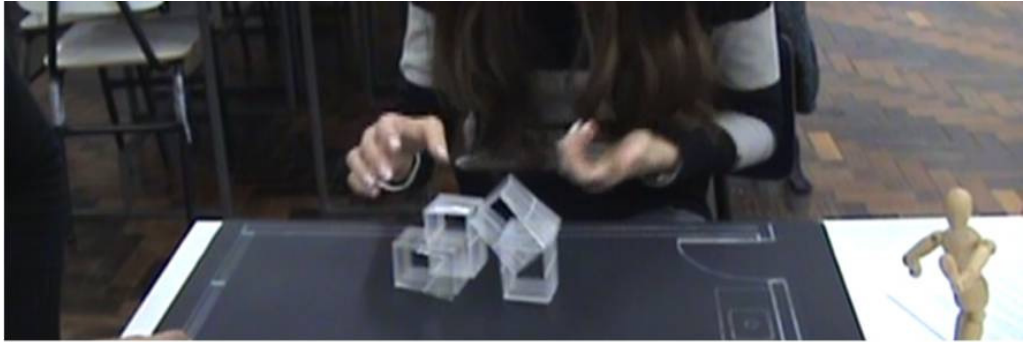


FIGURA 63- Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 09:45



FIGURA 64 - Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 10:14



FIGURA 65 - Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 12:32



FIGURA 66 - Teste de usabilidade, dupla 02, tempo 13:36



FIGURA 67- Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 05:46

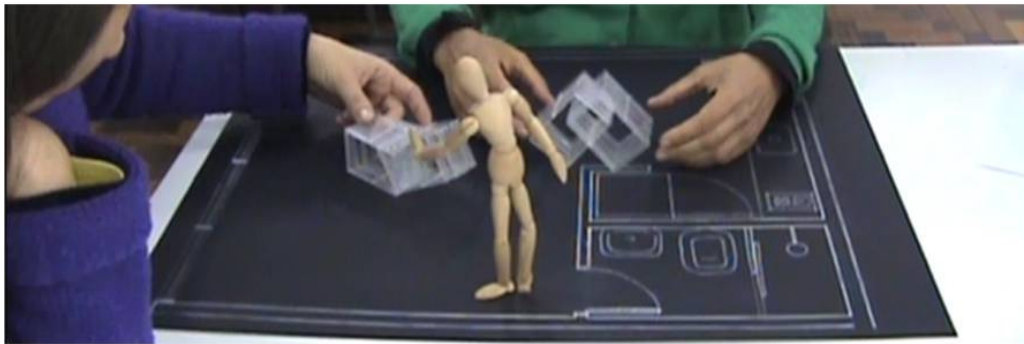


FIGURA 68- Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 05:59



FIGURA 69- Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 07:47

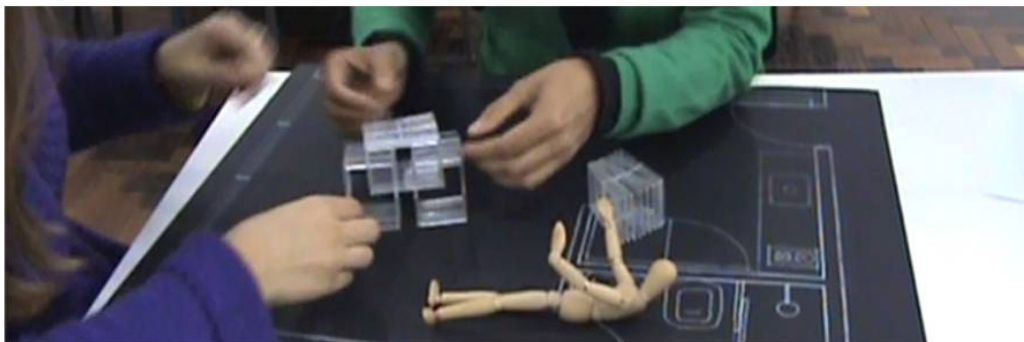


FIGURA 70- Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 10:02

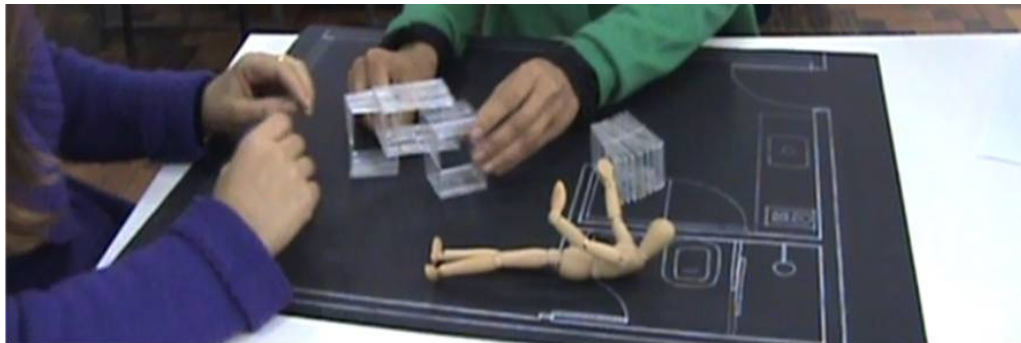


FIGURA 71 - Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 13:36



FIGURA 72 - Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 16:28

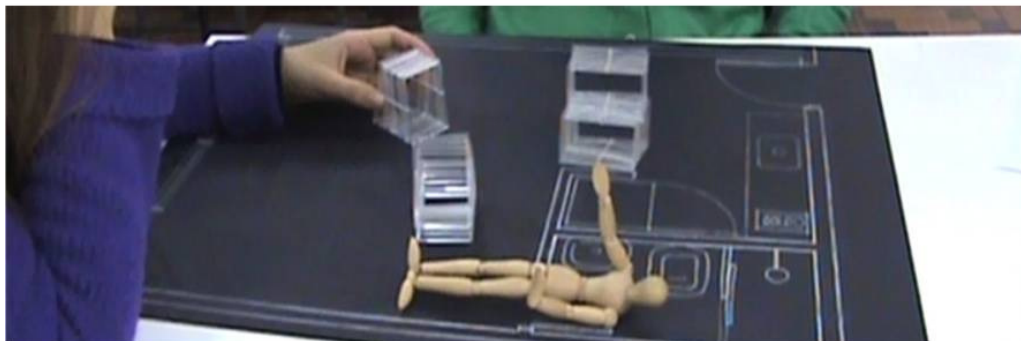


FIGURA 73 - Teste de usabilidade, dupla 03, tempo 17:47

