

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
DEPARTAMENTO TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E DO URBANISMO (TAU)
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU
Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao
Ambiente Construído**

ANA PAULA GONÇALVES DE SOUSA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: INSOLAÇÃO E
SOMBREAMENTO EM UM BAIRRO DE ITAÚNA, MG.**

Belo Horizonte

Outubro, 2017

ANA PAULA GONÇALVES DE SOUSA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: INSOLAÇÃO E
SOMBREAMENTO EM UM BAIRRO DE ITAÚNA, MG.**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu, Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, Departamento Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo (TAU), da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como condição parcial para a obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído.

ORIENTADORA: DRA. REJANE MAGIAG LOURA

Belo Horizonte

Outubro, 2017

APROVAÇÃO

Monografia defendida no curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, e aprovada em 26 de outubro de 2017, pela banca examinadora composta pelos seguintes professores:

Prof^a. Dra. Rejane Magiag Loura,
Orientadora – EA/UFMG

Prof^a. Msc. Grace Cristina Roel Gutierrez,
EA/UFMG

Prof^a. Dra. Iraci Miranda Pereira,
EA/UFMG

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Dra. Nora Gonçalves de Souza Oliveira e à Sra. Clarinda Moreira da Silva, por terem me propiciado a oportunidade para aprendizado de resiliência. Oportunidade esta que me direcionou ao Curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente aos professores, colegas e funcionários da Secretaria, por me auxiliarem em minha formação, tanto profissional, quanto pessoal.

Especial agradecimento à minha orientadora, a professora Rejane Loura, pela dedicação, paciência e esforço em me ensinar tanto em tão pouco tempo.

Agradeço também ao meu amigo Alejandro Caldera, pelos ensinamentos a respeito de gráficos e tabelas; pelo apoio e estímulo.

Ao meu colega Paulo de Sousa Dornas pelas aulas no Sketch Up e pelo incentivo.

À minha tia Elma, pela ajuda financeira sem a qual eu não teria conseguido finalizar o curso.

À minha mãe, a sua maneira me ajudou muito.

Ao meu filho Daniel, por ser um incentivo ao meu aprimoramento profissional.

E por último e não menos importante, agradeço à minha amiga Glória Moreira, pelo apoio que me deu com os seus conhecimentos acadêmicos.

RESUMO

Esta monografia trata de Energia Solar Fotovoltaica. Teve como objetivo principal verificar, através de estudo comparativo de alteração de afastamentos e alturas, numa situação concreta, se o potencial de geração de energia solar apresentaria ganhos significativos. Foi realizado estudo de insolação e sombreamento para análise de viabilidade de implantação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), em duas lojas comerciais. Além de definição do melhor local de implantação para a obtenção de maior produção de energia solar fotovoltaica. Para alcançar este objetivo, foi estabelecida a seguinte estratégia: definição do conceito de energia solar fotovoltaica e caracterização da interligação destes sistemas de produção de energia à rede pública; estudo das diferentes tecnologias existentes para produção de energia solar e dos fatores que podem prejudicar o rendimento do sistema, com sugestão de alteração do sistema construtivo para promover a integração destas tecnologias ao entorno construído; Estudo de Caso: foi escolhida esta técnica, aplicada em um bairro residencial na cidade de Itaúna, Minas Gerais. Através de simulações computacionais, foram analisadas as áreas de insolação e sombreamento em coberturas e fachadas, para a escolha do melhor local de implantação do SFCR e, ainda, para avaliar o impacto do adensamento e verticalização sobre o potencial de geração fotovoltaica a ser implantado na cobertura destas duas lojas. A revisão bibliográfica teve como base as informações constantes de publicações nacionais sobre o tema e as simulações em 4 Cenários distintos produziram dados comparativos, com o auxílio dos programas computacionais Sketch Up (2016) e PvSyst (2012), oportunizando escolhas condizentes com a realidade.

Palavras-chave: Energias Renováveis. Energia Solar Fotovoltaica. Insolação e Sombreamento.

ABSTRACT

This monography has focused on Photovoltaic Solar Energy. Its main objective was to check, through a comparative study of alterations of distances and heights, in a concrete situation, if the potential of solar power generation would present significant gains. It was carried out an insulation and shading study to analyze the feasibility of the implementation of the Grid-connected Photovoltaic System in two commercial stores in addition to defining the best implementation site so as to obtain higher production of photovoltaic solar energy. In order to achieve this goal, the following strategy has been established: definition of the concept of solar photovoltaic energy and characterization of the interconnection of these power generation systems to the public grid; study of the different existing technologies for the production of solar energy and the factors that may adversely affect the system performance, with suggestion of alteration of the building system to promote the integration of these technologies to the constructed environment; Case Study: this technique was applied in a residential neighborhood in the city of Itaúna, Minas Gerais. Through computer simulations, the areas of sunshine and shading in roofs and façades were analyzed in order to choose the best location for Grid-connected Photovoltaic System implementation and also to evaluate the impact of the densification and verticalization on the potential of photovoltaic generation to be implanted in the roofs of these two stores. The literature review was based on the information provided by national publications on the subject and the simulations in four different scenarios that produced comparative data, with the aid of the computer programs Sketch Up (2016) and PvSyst (2012), providing choices that are consistent with reality.

Keywords: Renewable Energies. Photovoltaic Solar Energy. Insulation and Shading.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de c-Si de potências comercialmente disponíveis [<i>Siemens Solar Industries</i>].....	24
Figura 2	Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de a-Si flexíveis em substrato plástico [<i>Sanyo Solar Industries</i>].....	24
Figura 3	Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de a-Si flexíveis em substrato de aço inox, produzidos sob a forma de rolos que podem ser colados diretamente sobre telhados metálicos ou de concreto e telhas do tipo shingles [<i>United Solar Ovonic LLC</i>].....	25
Figura 4	Painéis solares semitransparentes podem ser integrados a janelas em edificações urbanas, possibilitando ao mesmo tempo a entrada de luz natural e gerando energia elétrica [<i>Sanyo Solar Industries</i>].....	26
Figura 5	Módulos solares fotovoltaicos fabricados diretamente sobre telhas de vidro curvas, que substituem telhas convencionais num sistema residencial descentralizado que produz energia elétrica junto ao ponto de consumo [<i>Sanyo Solar Industries</i>].....	26
Figura 6	Módulos solares fotovoltaicos do tipo flexível, acondicionados sob a forma de um rolo com superfície autocolante, para integração direta a superfícies metálicas ou de concreto, planas ou curvas.....	27
Figura 7	Módulos solares fotovoltaicos do tipo flexível, colados diretamente sobre superfícies curvas de cobertura metálica em forma de onda. Projeto LABSOLAR/CELESC instalou três sistemas como o da figura em Florianópolis, Lages e Tubarão – SC, com 1.4kWp cada.....	28
Figura 8	Vista ao por do sol do sistema instalado junto ao LABSOLAR/UFSC. A instalação solar fotovoltaica recebe a luz solar sem sombreamento por obstáculos desde as primeiras horas da manhã até o final da tarde.....	29
Figura 9	Envelope Solar sobre um lote ou terreno.....	31
Figura 10	Lote Padrão do Cenário 1.....	37
Figura 11	Lote Padrão do Cenário 2.....	37
Figura 12	Lote Padrão do Cenário 3.....	38
Figura 13	Lote Padrão do Cenário 4.....	38
Figura 14	Localização da cidade de Itaúna.....	39
Figura 15	Imagem de satélite do Bairro Recanto das Peixotas.....	40
Figura 16	Imagem de satélite do local de implantação das lojas.....	41
Figura 17	Imagem ilustrativa das inclinações na cobertura das lojas.....	42-62
Figura 18	Cenário 1 - Equinócio de Primavera – 10hs.....	43
Figura 19	Maquete 1 – Equinócio – 9hs	45
Figura 20	Maquete 2 – Equinócio – 9hs	45
Figura 21	Maquete 3 – Equinócio – 9hs	46

CONTINUAÇÃO - LISTA DE FIGURAS

Figura 22	Maquete 4 – Equinócio – 9hs	46
Figura 23	Maquete 1 – Equinócio – 17hs	47
Figura 24	Maquete 2 – Equinócio – 17hs	47
Figura 25	Maquete 3 – Equinócio – 17hs	48
Figura 26	Maquete 4 – Equinócio – 17hs	48
Figura 27	Maquete 1 – Solstício de Inverno – 9hs	49
Figura 28	Maquete 2 – Solstício de Inverno – 9hs	49
Figura 29	Maquete 3 – Solstício de Inverno – 9hs	50
Figura 30	Maquete 4 – Solstício de Inverno – 9hs	50
Figura 31	Maquete 1 – Solstício de Inverno – 17hs	51
Figura 32	Maquete 2 – Solstício de Inverno – 17hs	51
Figura 33	Maquete 3 – Solstício de Inverno – 17hs	52
Figura 34	Maquete 4 – Solstício de Inverno – 17hs	52
Figura 35	Maquete 1 – Solstício de Verão – 9hs	53
Figura 36	Maquete 2 – Solstício de Verão – 9hs	53
Figura 37	Maquete 3 – Solstício de Verão – 9hs	54
Figura 38	Maquete 4 – Solstício de Verão – 9hs	54
Figura 39	Maquete 1 – Solstício de Verão – 17hs	55
Figura 40	Maquete 2 – Solstício de Verão – 17hs	55
Figura 41	Maquete 3 – Solstício de Verão – 17hs	56
Figura 42	Maquete 4 – Solstício de Verão – 17hs	56
Figura 43	Simulação da Área de Sombreamento no Cenário 2 - 9hs.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Comparativo das Tecnologias Fotovoltaicas.....	22-23
Quadro 2	Comparativo dos Lotes nos Cenários 1 e 2.....	37
Quadro 3	Comparativo dos Lotes nos Cenários 3 e 4.....	38
Quadro 4	Comparativo dos Cenários.....	38
Quadro 5	Resumo dos Resultados.....	57
Quadro 6	Síntese Área de Insolação.....	57
Quadro 7	Percentuais de área de insolação e sombreamento.....	58
Quadro 8	Médias mensais e anuais de produção de energia solar fotovoltaica.....	60

APÊNDICE – LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Simulação PvSyst - Definição do Local Geográfico.....	109
Figura 2	Simulação PvSyst Loja – Células Monocristalinas.....	110
Figura 3	Simulação PvSyst Loja – Células Policristalinas.....	111
Figura 4	Simulação PvSyst Loja – Filme Fino.....	112
Figura 5	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 1 – Células Monocristalinas	113
Figura 6	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 1 – Células Policristalinas....	114
Figura 7	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 1 – Filme Fino.....	115
Figura 8	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 2 – Células Monocristalinas	116
Figura 9	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 2 – Células Policristalinas....	117
Figura 10	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 2 – Filme Fino.....	118
Figura 11	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 3 – Células Monocristalinas	119
Figura 12	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 3 – Células Policristalinas....	120
Figura 13	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 3 – Filme Fino.....	121
Figura 14	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 4 – Células Monocristalinas	122
Figura 15	Simulação PvSyst Prédio – Maquete 4 – Células Policristalinas....	123
Figura 16	PvSyst Prédio – Maquete 4 – Filme Fino.....	124

APÊNDICE – LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Cálculo Área de Insolação - Loja – Cobertura.....	98
Tabela 2	Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Leste.....	99
Tabela 3	Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Norte.....	100
Tabela 4	Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Oeste.....	101
Tabela 5	Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Sul.....	102
Tabela 6	Cálculo Área de Insolação - Prédio – Cobertura.....	103
Tabela 7	Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Leste.....	104
Tabela 8	Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Norte.....	105
Tabela 9	Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Oeste.....	106
Tabela 10	Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Sul.....	107
Tabela 11	Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Cobertura Loja....	125
Tabela 12	Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 1	126
Tabela 13	Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 2	126
Tabela 14	Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 3	127
Tabela 15	Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 4	127

APÊNDICE – LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Maquete 1 – Equinócio de Outono e Primavera	69 - 72
Quadro 2	Maquete 1 – Solstício de Inverno e Verão.....	72 - 75
Quadro 3	Maquete 2 – Equinócio de Outono e Primavera	76 - 79
Quadro 4	Maquete 2 – Solstício de Inverno e Verão.....	79 - 82
Quadro 5	Maquete 3 – Equinócio de Outono e Primavera	83 - 86
Quadro 6	Maquete 3 – Solstício de Inverno e Verão.....	86 - 89
Quadro 7	Maquete 4 – Equinócio de Outono e Primavera	90 - 93
Quadro 8	Maquete 4 – Solstício de Inverno e Verão.....	93 - 96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Contextualização.....	16
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Definição do Problema.....	17
1.4	Objetivos.....	18
1.4.1	Objetivo Geral.....	18
1.4.2	Objetivo Específico.....	18
1.5	Estruturação do Trabalho.....	19
2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	20
2.1	Conceito de Energia Solar Fotovoltaica.....	20
2.2	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR).....	20
2.3	Rendimento do Gerador Fotovoltaico.....	21
2.4	Tecnologias Disponíveis.....	22
2.4.1	<i>Tecnologias de 1ª Geração.....</i>	<i>22</i>
2.4.2	<i>Tecnologias de 2ª Geração.....</i>	<i>29</i>
2.4.3	<i>Estudo de Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída.....</i>	<i>30</i>
2.5	Acesso Ao Sol (Envelope Solar)	30
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Descrição De Procedimentos Metodológicos.....	33
3.2	O Estudo De Caso.....	34
3.2.1	<i>Situação Geográfica do Estudo de Caso.....</i>	<i>35</i>
3.2.2	<i>Descrição dos Cenários no Estudo de Caso.....</i>	<i>36</i>
3.2.3	<i>Estudo de Insolação</i>	<i>39</i>
4	RESULTADOS.....	45
4.1	Análise dos resultados coletados no estudo dos Cenários.....	45
4.2	Análise dos resultados coletados para a implantação do SFCR	56
5	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICE.....	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A demanda por sustentabilidade, qualidade e eficiência em todos os setores da economia, no mundo e no Brasil, tem gerado desenvolvimento de tecnologias inovadoras que atendam a estes requisitos.

Dentre estas inovações encontram-se as redes inteligentes ou *Smart Grids*. As redes inteligentes se configuram, na indústria de energia elétrica, em uma revolução tecnológica, atendendo à demanda por qualidade, segurança, flexibilidade e redução de impactos devido à geração de energia elétrica. (LAMIN, 2013).

A geração de energia de pequeno porte é implantada para validar benefícios, tais como redução da geração centralizada, de perdas técnicas e de emissão de CO₂. (LAMIN, 2013).

O setor elétrico mundial discute e implanta as redes inteligentes na atualidade e já possui percentual significativo de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) há alguns anos. Segundo dados da *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA), a capacidade instalada mundial atingiu a marca de 139 GWp em 2013, resultando em uma CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) de 43% entre 2000 e 2013. (EPIA, 2014). Isto é, um estudo avaliativo do crescimento do uso de energia solar fotovoltaica, que mostra um acréscimo de quase a metade do que já existia em termos de produção de energia solar, em um período de apenas 14 anos.

Até o início do terceiro milênio, a tecnologia era utilizada majoritariamente em sistemas isolados, enquanto atualmente mais de 95% são Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR). Este grande crescimento foi fruto de programas de incentivo à fonte, promovidos por países como Alemanha, Austrália, China, Espanha, EUA, entre outros. (DEA, 2014).

No Brasil, a Empresa de Pesquisa Energética - EPE -, em 2012, através da publicação da nota técnica *Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira*, deu especial enfoque aos SFCR. Os estudos mostram que a inserção fotovoltaica se realizaria via geração distribuída, para a autoprodução residencial e

comercial, devido à ocorrência de paridade tarifária, ou seja, a equiparação do custo da energia gerada por um SFCR e as tarifas praticadas pelas distribuidoras. (EPE, 2014).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou, em 2012 (EPE, 2012), a Resolução Normativa nº 482, alterada neste mesmo ano pela Resolução Normativa nº 517; estabelecendo as condições gerais para a micro e a minigeração distribuída no país, com o sistema de compensação de energia elétrica, através de utilização da medição bidirecional de energia elétrica e que faz a contabilização financeira de um saldo em um determinado período para uma dada instalação - *net metering*. (EPE, 2014). Isto normatizou a instalação dos SFCR.

1.2 Justificativa

Em estudo realizado pelo Ministério das Minas e Energia (EPE, 2014), foi verificado o potencial de inserção de energia solar fotovoltaica em coberturas, mas é notória a falta de referência, no estudo, ao sombreamento provocado pelas edificações do entorno, nas coberturas estudadas. A falta desta informação justifica a realização deste estudo.

1.3 Definição do Problema

Apesar da regulamentação do sistema brasileiro de compensação de energia possibilitar a utilização da geração distribuída fotovoltaica, a falta de incentivos diretos restringe a sua implantação. (EPE, 2014).

Fator prejudicial à implantação dos SFCR são os padrões de ocupação (PO) permitidos para o meio urbano da maioria das cidades brasileiras. Os Planos Diretores e Leis de Uso e Ocupação do Solo, permitem construção de edificações com reduzidos afastamentos no fundo e nas laterais e exagerada verticalização, o que prejudica o desempenho de equipamentos como sistema de conversão solar térmica e sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

Levantar dados sobre o sombreamento provocado pelas edificações do entorno é de extrema relevância porque este fenômeno pode prejudicar o funcionamento do SFCR.

O problema que se coloca por ocasião da implantação do sistema, seria qual a maior insolação e o menor sombreamento, no local escolhido, produzidos pela posição do sol e pelas edificações do entorno. Como atingir a maior produção no SFCR?

É necessário estudar onde implantar o SFCR: na cobertura? Nas fachadas? A escolha do local é muito importante porque o alto índice de insolação e o pequeno sombreamento farão com que o sistema atinja o seu maior potencial de produção.

Na escolha do local de implantação do SFCR, deve-se considerar o excesso de verticalização praticado pela maioria das cidades brasileiras, o que compromete o acesso ao sol.

Uma solução simplificada, com parâmetros urbanísticos distintos, baseada apenas em alteração de afastamentos e alturas, apresentaria ganhos significativos ao potencial de geração de energia solar fotovoltaica?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa foi verificar, através de estudo comparativo de alteração de afastamentos e alturas, se o potencial de geração de energia solar apresentaria ganhos significativos.

1.4.2 Objetivos Específicos

Foi realizado estudo de insolação e sombreamento para análise de viabilidade de implantação de SFCR nas lojas. Além de definição do melhor local de implantação para se obter maior produção de energia solar fotovoltaica.

Para alcançar este objetivo, foi estabelecida a seguinte estratégia:

- Definição do conceito de energia solar fotovoltaica e caracterização da interligação destes sistemas de produção de energia à rede pública;
- Estudo das diferentes tecnologias existentes para produção de energia solar e dos fatores que podem prejudicar o rendimento do sistema, com sugestão de alteração do sistema construtivo para promover a integração destas tecnologias ao entorno construído;
- Estudo de Caso: foi escolhida esta técnica, aplicada em um bairro residencial na cidade de Itaúna, Minas Gerais para avaliar o impacto do adensamento e verticalização sobre o potencial de geração fotovoltaica a ser implantado na cobertura de duas lojas comerciais.

1.5 Estruturação do Trabalho

Além dos apêndices, apresentados no final, o trabalho se organiza da seguinte maneira:

Após esta Introdução, o Capítulo 2 trata de Energia Solar Fotovoltaica e do acesso aos recursos naturais, relacionados à captação de energia solar.

O Capítulo 3 vai relatar a aplicação da técnica que se utilizou para levantamento dos dados relacionados à insolação e ao sombreamento, quando se aplicaram técnicas de simulação com o auxílio de programas computacionais, em situações distintas.

O Capítulo 4 apresentará os resultados obtidos neste processo.

O Capítulo 5 trata das conclusões e se sugere sua aplicação em trabalhos futuros.

O Apêndice reúne todos os resultados obtidos por ocasião da aplicação das técnicas escolhidas, com detalhamento em relação a insolação e ao sombreamento, considerando a posição geográfica das lojas em estudo e a posição do sol.

2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1 Conceito de Energia Solar Fotovoltaica

A radiação solar pode ser utilizada para produção de eletricidade, principal forma de energia consumida nas habitações brasileiras. (BEN, 2016). A incidência diária de energia solar na terra é maior do que a demanda de todos os habitantes do planeta pelo período de um ano. A produção de eletricidade através do efeito fotovoltaico é uma das mais elegantes formas de geração de potência elétrica. (RÜTHER, 2004).

A energia do sol é convertida em energia elétrica, de forma estática, silenciosa, não-poluente e renovável pelos painéis solares. Promover a aplicação desta tecnologia integrada ao entorno construído e de forma interligada à rede elétrica pública de maneira descentralizada, é uma das mais promissoras aplicações da tecnologia fotovoltaica. (RÜTHER, 2004).

A captação da energia se dá através de painéis solares, situados em locais estratégicos, de melhor captação de luz solar denominado sistema de geração de energia solar fotovoltaica. (RÜTHER, 2004).

2.2 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)

Usualmente a instalação desses sistemas é feita com relógio bidirecional que gera créditos para a instalação consumidora quando o gerador solar fornece mais energia do que a necessária para o consumo. Quando a unidade consumidora demanda mais energia que a produzida pelo gerador solar, esta é suprida pela rede elétrica e o relógio acusa em números o consumo de energia. (RÜTHER, 2004).

As instalações fotovoltaicas existentes, que sejam interligadas à rede elétrica pública podem se apresentar de duas maneiras:

- (1) Integradas a uma edificação, onde não existem os custos de transmissão e distribuição convencionais;
- (2) Centralizadas em uma usina geradora convencional, o que exige a existência

dos complexos sistemas de transmissão e distribuição e seus elevados custos. (RÜTHER, 2004).

Como os painéis solares fotovoltaicos são fabricados para exposição ao relento, podendo durar 30 anos ou mais, podem assumir dupla função de gerar eletricidade e servir como elemento arquitetônico, substituindo telhados ou paredes, fachadas e janelas. (RÜTHER, 2004).

Dois situações relevantes com relação aos sistemas fotovoltaicos são: a coincidência espacial entre geração e consumo, que minimiza as perdas por transmissão, evitando o que ocorre nos sistemas geradores tradicionais; a coincidência temporal da geração de energia solar com a demanda por ar condicionado, pois o horário desta demanda coincide com o horário de insolação máxima. (RÜTHER, 2004).

2.3 Rendimento do Gerador Fotovoltaico

O rendimento do gerador fotovoltaico pode ser afetado por vários parâmetros. A radiação solar é o principal deles, e depende da localização geográfica da instalação, de sua inclinação e orientação. O sombreamento parcial, a temperatura dos painéis, as resistências dos condutores, o descasamento entre painéis de um mesmo *string* e o estado de limpeza dos painéis também influenciam no rendimento do conjunto fotovoltaico. (RÜTHER, 2004).

Os efeitos da orientação e inclinação dos painéis no rendimento do sistema fotovoltaico dependem da “[...] razão entre a radiação direta e difusa locais, bem como a fração de albedo (reflexão dos arredores)”, característica do ambiente do entorno. (RÜTHER, 2004, p. 28).

A melhor inclinação com relação à horizontal, que propicia a incidência solar máxima, em regime anual, é obtida pela latitude local, que pode vir a ser uma regra geral. Uma superfície voltada para o Norte Geográfico, para instalações no hemisférios sul, é a orientação ideal. É importante que a superfície esteja livre de obstruções. (RÜTHER, 2004).

O gerador fotovoltaico apresenta maior produção se iluminado homogeneamente. Como a maioria dos módulos fotovoltaicos é conectada em série, a projeção de pequena sombra pode reduzir drasticamente o rendimento de todo o sistema. A célula sobre a qual incide a menor quantidade de radiação é que irá determinar a corrente, ou seja, a potência de operação de todos os módulos a ela conectados em série. (RÜTHER, 2004).

A incidência de sombreamento é crítica nos módulos de primeira geração, excluindo os Filmes Finos e os Painéis Fotovoltaicos Orgânicos (OPV¹), nos quais não ocorre perda tão acentuada de potência de geração de energia.

2.4 Tecnologias Disponíveis

2.4.1 Tecnologias de Primeira Geração

As tecnologias disponíveis de primeira geração estão relacionadas no Quadro 1, Comparativo das Tecnologias Fotovoltaicas:

Quadro 1 – Comparativo das Tecnologias Fotovoltaicas

Tecnologia	Sigla	Eficiência (%)	Características
Silício Cristalino	c-Si	15%	O silício é o 2º mais abundante elemento mineral do planeta. Os módulos perdem a eficiência quando submetidos a temperaturas altas. O seu custo de produção é elevado e as tentativas de sua redução foram praticamente esgotadas.
Silício Monocristalino	m-Si		Consumo grande de energia elétrica na sua produção, ocasionando elevado custo.
Silício Policristalino	p-Si		Custo de produção menor que do c-Si e m-Si.
Silício Amorfo Hidrogenado	a-Si:H ou a-Si	7 a 10%	Processo de produção com temperaturas relativamente baixas. Podem ser depositados em substrato de vidro, aço inox e alguns plásticos, possibilitando módulos flexíveis, leves, versáteis, com superfícies curvas, inquebráveis e semitransparentes. Não apresenta perda na potência com o aumento da temperatura de operação. Tem custo de produção inferior à metade do custo por m ² do c-Si.

Fonte: Rütther (2004); Salamoni (2004).

¹ Sigla em inglês para Painéis Fotovoltaicos Orgânicos

Continuação - Quadro 1 – Comparativo das Tecnologias Fotovoltaicas

Telureto de Cádmi	CdTe	7 a 9%	Módulos em placas de vidro em tom marrom/azul escuro. A baixa abundância dos elementos minerais envolvidos e sua maior toxicidade devem ser considerados. Possui maior eficiência de conversão se comparado ao a-Si. Seu custo de produção é atrativamente baixo.
Disseleneto de cobre (gálio) e índio	CuInSea, CIS, Cu(InGa) Sea, CIGS	9 a 10%	Ótima aparência estética. Pouca abundância dos elementos minerais envolvidos e sua toxicidade devem ser considerados. Dentre os filmes finos disponíveis os módulos CIGS são os que apresentam melhor rendimento fotovoltaico. Perde eficiência com o aumento da temperatura dos módulos.
HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer)	HIT		Células cristalinas com camadas ultrafinas de silício amorfo, que segundo a Sanyo Solar (2017) apresenta os maiores percentuais de eficiência de conversão até o momento, sendo seus custos maiores, se comparados com as outras tecnologias. A tecnologia combina a eficiência do silício cristalino com as características de temperatura do silício amorfo, resultando em potência 10% maior nas condições de altas temperaturas e oferecendo um aumento de 36% na potência anual se comparado com os módulos de silício cristalino para a mesma área de cobertura.

Fonte: Rüter (2004); Salamoni (2004).

Destes modelos, os que são mais utilizados são os painéis de silício cristalino (poli ou mono cristalino) e os de silício amorfo, sendo o silício o segundo elemento mineral mais abundante na superfície de nosso planeta, além de ser 100 vezes menos tóxico do que os outros elementos citados nas outras tecnologias. (RÜTHER, 2004).

A indústria fotovoltaica já desenvolveu vários produtos com a finalidade de aplicação ao entorno construído. Alguns exemplos destes produtos são citados por Rüter (2004):

- módulos solares fotovoltaicos de c-Si (Figura 1);

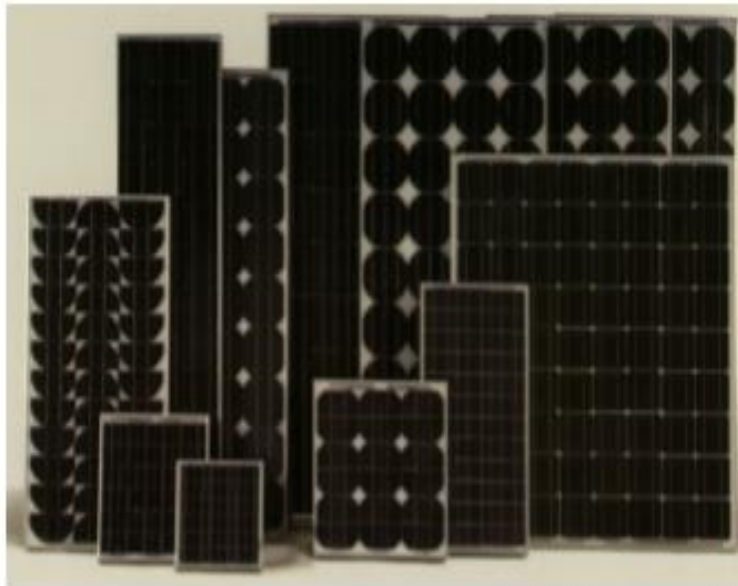


Figura 1 - Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de c-Si de potências comercialmente disponíveis [Siemens Solar Industries].

Fonte: Rüter (2004, p.22).

- módulos solares fotovoltaicos de a-Si flexíveis em substrato plástico (Figura 2);



Figura 2 – Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de a-Si flexíveis em substrato plástico [Sanyo Solar Industries].

Fonte: Rüter (2004, p.25).

- módulos solares fotovoltaicos de a-Si flexíveis em substrato de aço inox, produzidos sob a forma de rolos que podem ser colados diretamente sobre telhados metálicos ou de concreto (Figura 3);



Figura 3 – Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de a-Si flexíveis em substrato de aço inox, produzidos sob a forma de rolos que podem ser colados diretamente sobre telhados metálicos ou de concreto e telhas do tipo *shingles* [United Solar Ovonic LLC].
Fonte: Rüter (2004, p.25).

- módulos solares fotovoltaicos de a-Si em substrato de vidro sem moldura (Figura 4), que pode ser instalado diretamente como revestimento de fachadas ou telhados;



Figura 4 – Painéis solares semitransparentes podem ser integrados a janelas em edificações urbanas, possibilitando ao mesmo tempo a entrada de luz natural e gerando energia elétrica [Sanyo Solar Industries].

Fonte: Rüter (2004, p.12).

- módulos solares fotovoltaicos fabricados diretamente sobre telhas de vidro curvas (Figura 5), que substituem telhas convencionais num sistema residencial descentralizado que produz energia elétrica junto ao ponto de consumo [Sanyo Solar Industries].

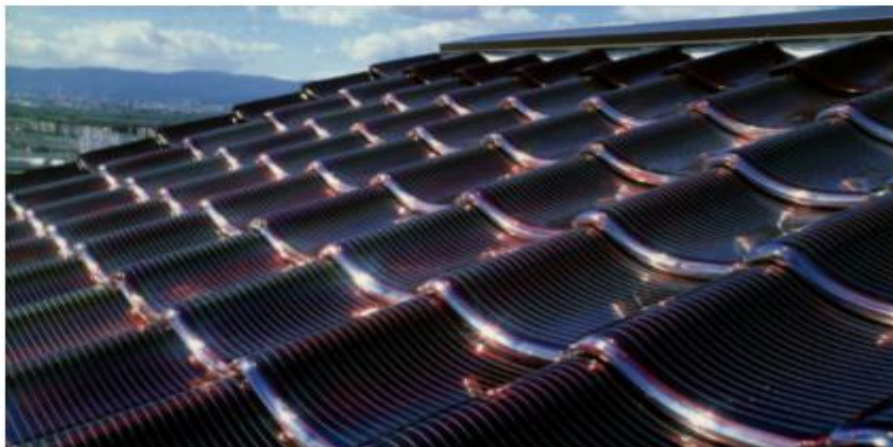


Figura 5 - Módulos solares fotovoltaicos fabricados diretamente sobre telhas de vidro curvas, que substituem telhas convencionais num sistema residencial descentralizado que produz energia elétrica junto ao ponto de consumo [Sanyo Solar Industries].

Fonte: Rüter (2004, p.15).

A Figura 6 mostra módulos solares fotovoltaicos do tipo flexível, acondicionados sob a forma de um rolo, com superfície autocolante, para integração direta a superfícies metálicas ou de concreto, planas ou curvas (Figura 7).



Figura 6 - Módulos solares fotovoltaicos do tipo flexível, acondicionados sob a forma de um rolo com superfície autocolante, para integração direta a superfícies metálicas ou de concreto, planas ou curvas.

Fonte: Rüther (2004, p.55).



Figura 7 – Módulos solares fotovoltaicos do tipo flexível, colados diretamente sobre superfícies curvas de cobertura metálica em forma de onda. Projeto LABSOLAR/CELESC instalou três sistemas como o da figura em Florianópolis, Lages e Tubarão – SC, com 1.4kWp cada.

Fonte: Rüter (2004, p.56).

A inexistência de sombreamento potencializa o rendimento do sistema solar fotovoltaico, como exemplificado pela Figura 8.



Figura 8 – Vista ao por do sol do sistema instalado junto ao LABSOLAR/UFSC. A instalação solar fotovoltaica recebe a luz solar sem sombreamento por obstáculos desde as primeiras horas da manhã até o final da tarde.

Fonte: Rütter (2004, p.51).

2.4.1 Tecnologias de 2ª Geração

O Csem Brasil desenvolveu tecnologia necessária para produção das chamadas OPV (sigla em inglês para painéis fotovoltaicos orgânicos). Trata-se da mais nova solução para a geração de energia solar e desenvolvido em Belo Horizonte – Minas Gerais. Tiago Alves (BIANCHETTI, 2015), do CEO do Csem Brasil, explica que esta tecnologia é fruto de um processo produtivo inovador no mundo, que consiste em painéis produzidos com elementos orgânicos, depositados em substratos plásticos não tóxicos.

Tal invenção vai colocar Minas e o Brasil na liderança de geração de painéis e possibilitar a produção de eletrônica orgânica no Estado. A implantação deste sistema de produção poderá transformar-se num Vale da Eletrônica Orgânica.

Segundo Tiago Alves (BIANCHETTI, 2015), a vantagem desta tecnologia está na espessura e flexibilidade do material, que permite melhor design, transparência, maleabilidade e baixo peso para utilizações diversas, tais como fechadas de prédios, superfícies de reservatórios, veículos, mobiliários urbanos e galpões.

2.4.3 Estudo de Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída

Estudo realizado pelo Ministério das Minas e Energia, através da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), publicado em outubro de 2014, como a Nota Técnica DEA 19/14 (EPE, 2014), *Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos* - apresenta o potencial técnico da geração fotovoltaica distribuída em edificações residenciais (especificamente em telhados).

O potencial estimado de geração brasileiro é de aproximadamente 287 TWh/ano. Este número é de 2,3 vezes maior que o consumo elétrico residencial no ano de 2013. São dados importantes, mas deve-se **observar a ausência de informação a respeito do acesso dessas coberturas ao sol.**

Conforme resultados do Balanço Energético Nacional 2016 - Ano Base 2015, no que se refere à Micro e Mini Geração Distribuída, a fonte solar fotovoltaica, atingiu 20,0 GWh de geração e 13,3 MW de potência instalada. (EPE, 2016).

2.1 Acesso Ao Sol (Envelope Solar)

A verticalização dos grandes centros urbanos compromete o acesso ao sol e à luz, trazendo consequências com relação aos aspectos de uso dos ambientes interiores. Soma-se a isto o elevado consumo de eletricidade nestes ambientes, o que gera a necessidade de mudança na matriz energética urbana, onde a energia solar aparece como solução de grande potencial. (ASSIS *et all.*, 2014).

É levando em conta estes elementos que este trabalho vem testar os parâmetros urbanísticos de afastamentos frontal, lateral e de fundo; altura máxima das edificações, para analisar o acesso das edificações ao sol e a produção de energia solar gerada por sistema fotovoltaico, instalado na cobertura das lojas.

Convencionou-se chamar *envelope solar* a conjugação de ângulos de obstrução obtidos para todos os limites da área a ser projetada. Forma-se aí um volume, dentro do qual, estando o edifício inserido, não projeta sombras indesejáveis sobre as edificações vizinhas, como mostra a Figura 9. (ASSIS *et al.*, 2014).

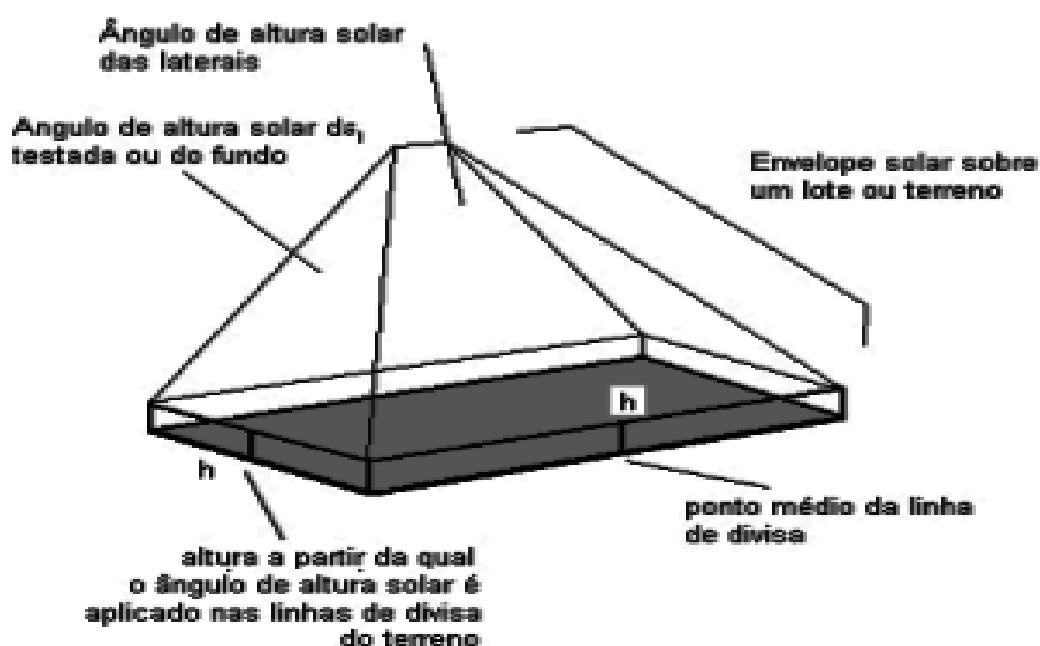


Figura 9 – Envelope solar sobre um lote ou terreno

Fonte: (ASSIS *et al.*, 2014).

Na literatura ainda não há consenso sobre como gerar os ângulos de obstrução. Existem métodos diversos para tanto, obedecendo a vários critérios, que, segundo Assis *et al.* (2014), estão associados: às condições de conforto térmico e ao aproveitamento da energia solar como fonte alternativa de energia. E o importante nos sistemas de conversão de energia solar é que as superfícies coletoras tenham acesso à insolação a maior parte do dia. (ASSIS *et al.*, 2014).

A elaboração do *envelope solar* demanda um tempo muito maior de análise, pede conhecimento técnico especializado e estudo de cada lote em particular. Tal situação, se aplicada aos municípios, solicitará um número maior de funcionários altamente qualificados nas prefeituras municipais e equipamentos para aplicação da técnica.

A análise sob a ótica do envelope solar seria muito complexa, por isso simplificou-se a proposta, apenas alterando-se os afastamentos e a altura para verificar se tal procedimento oferece ganhos significativos em relação ao potencial de geração fotovoltaica das edificações.

Optou-se por abordagem focada em parâmetros urbanísticos distintos e análise de forma comparativa. Deste modo obteve-se dados referentes à insolação, nas situações colocadas, apenas alterando-se os afastamentos frontais, laterais e de fundo, e os números de pavimentos.

3 METODOLOGIA

O Estudo de Caso é mais utilizado nas Ciências Sociais, onde entram variáveis de tipo qualitativo. “Como esforço de pesquisa, o estudo de caso contribui, de forma inigualável, para a compreensão que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos. Não surpreendentemente, o estudo de caso vem sendo uma estratégia comum de pesquisa na psicologia, na sociologia, na ciência política, na administração, no trabalho social e no planejamento.” (YIN, 2001, p. 11). Vê-se que, também na Arquitetura e Urbanismo, se apresenta esta possibilidade, no caso deste trabalho, no planejamento urbano.

Está sendo denominado Estudo de Caso, porque é o estudo detalhado de algumas situações, que apresentam características semelhantes e intenciona-se reproduzir, em Maquete, situações-exemplo de ocupação do solo, para análise de insolação e iluminação, em bairro da cidade de Itaúna, local onde se pretende realizar a aplicação dos conceitos estudados.

3.1 Descrição De Procedimentos Metodológicos

As técnicas utilizadas foram a revisão bibliográfica, o estudo de caso e a técnica de Cenários. A revisão da literatura, dando sustentação às análises, a partir dos dados secundários e a técnica de Construção de Cenários, que fundamentaram o Estudo de Caso. Os estudos teóricos ofereceram elementos de informação para a análise do Estudo de Caso, cujos dados experimentais foram coletados na aplicação da técnica da Construção de Cenários.

No Texto para discussão nº 939, do IPEA, dedicado à Técnica de Construção de Cenários, Sérgio Buarque (2003, p. 18) afirma que “Todo conhecimento científico possui um caráter de aproximação dos elementos da realidade e de explicação dos fenômenos e da causalidade destes” e é como está sendo considerada esta técnica de se trabalhar com o previsível, sem se deixar de levar em conta o imprevisível, embora se possa, reproduzidas algumas condições que têm se apresentado estáveis,

considerar-se ser possível criar um Cenário onde se possa prever as condições de insolação e iluminação.

Leva-se em conta, também, que, “[...] para os estudos de cenários é necessário considerar a inevitabilidade de lidar e de aceitar a incerteza, tentando, portanto, apenas limitar seus espaços de possibilidades.” (BUARQUE, 2003, p. 19).

“Como todo estudo prospectivo, os cenários procuram descrever futuros alternativos – lidando com eventos e processos incertos – para apoiar a decisão e a escolha de alternativas e destacam-se, portanto, como ferramentas de planejamento numa realidade carregada de riscos, surpresas e imprevisibilidades[...].”(BUARQUE, 2003, p. 23/24).

Para Buarque (2003), a técnica de construção de cenários oferece, para uma metodologia preocupada com o rigor e a sistematização numa antecipação de futuro, como uma forma segura de se obter dados, à medida que as mudanças e imprevisibilidades (previsíveis) num futuro próximo, se apresentam.

Exemplos de grandes empresas públicas nacionais, que praticam o uso de cenários, a Petrobrás e a Eletrobrás, são líderes neste tipo de estudo, através do qual podem fazer antecipações e previsões sobre o comportamento do mercado e a demanda de energia e de combustível, cada uma em seu foco de atividade e situação geográfica. (BUARQUE, 2003).

3.2 O Estudo de Caso

O caso em estudo, é a reprodução, em Cenários diversos, da problemática relacionada com a ocupação do solo, na cidade de Itaúna. Tal estudo poderá vir a dar ocasião a propostas de alteração dos parâmetros urbanísticos da Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Itaúna. (ITAUNA, 1988a).

3.2.1 Situação Geográfica do Estudo de Caso

A cidade de Itaúna foi fundada em 16 de setembro de 1901. Possui uma população de 91.453 habitantes conforme dados do censo do IBGE de 2015. Sua densidade demográfica é de 172,38 habitantes/km². (IBGE, 2015).

O município está localizado na macrorregião Centro-oeste do estado de Minas Gerais, pertence à microrregião de Divinópolis e ao Anel Metropolitano da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Encontra-se à 80,8 km de Belo Horizonte e à 42 km de Divinópolis. Possui uma área de 495,875 km². (ITAÚNA, 2005).

A sua altitude máxima é de 1.191 m, no local denominado Serra dos Marques e a altitude mínima de 857 m, na Fazenda Córrego do Sítio. Sua Posição Geográfica é determinada pelo paralelo de 20° 04' 32" de latitude sul, em sua interseção com o meridiano de 44° 34' 35" de longitude oeste. (ITAÚNA, 2005).

O município possui Clima Mesotérmico e úmido, sendo a classificação de Köppen, clima do tipo Cwa - Clima Tropical de Altitude, com verões quentes. Sua Temperatura Média Anual é 21,8°C; a Temperatura Mínima Anual é 13,2°C e a Temperatura Máxima Anual é de 32,2°C. Sua Temperatura Mínima Absoluta é 7°C, enquanto a Temperatura Máxima Absoluta é 35°C. Seu Índice Médio Pluviométrico Anual (média do período de 1941 a 1992) é 1.419mm. A Umidade Relativa do Ar Média é 64,15%, sendo a Umidade Relativa Mínima do Ar 53,50% e a Umidade Relativa Máxima do ar 74,80%. A direção dos ventos predominantes é Leste-Oeste. (ITAÚNA, 2005).

O objeto deste Estudo de Caso é a análise de ocupação de algumas quadras do bairro Recanto das Peixotas localizadas no entorno de uma edificação comercial, composta de duas lojas, projeto a ser executado neste mesmo bairro, na cidade de Itaúna-MG. A citada edificação comercial está localizada no Lote 02 da Quadra 40, na latitude S 20° 5' 39.593" e longitude: W 44° 35' 56.984". A altitude é de 879 metros. Sua posição com relação ao Norte Geográfico é de 22°43'.

É importante observar que o referido lote situa-se na esquina da Rua Jeová Gonçalves de Souza, com a Av. Dr. Virgílio Gonçalves de Souza e que este fato beneficia a insolação do lote.

Os parâmetros urbanísticos do município são: área mínima de lote 300 m², com testada mínima de 12m. Os afastamentos mínimos exigidos são: frontal - 3,00 m; laterais - 1,50 m e fundo - 1,50 m. A Taxa de Permeabilidade mínima no município é de 20%, 30%, 60% e 70%, dependendo da região. No bairro onde serão edificadas as referidas lojas a taxa de permeabilidade é de 20%. Os Coeficientes de Aproveitamento do município são 2,0; 2,5; e 3,0; sendo o do bairro correspondente a 2,5; o que perfaz uma Taxa de Ocupação máxima para o bairro de $300,00^2 \times 2,5 = 750,00 \text{ m}^2$. A Cota de Terreno por unidade habitacional no município é de 40 ou 50 dependendo da região e no bairro em questão é de 50. O cálculo seria $300,00 \text{ m}^2 / 50 = 6$ unidades habitacionais. (ITAÚNA, 2005).

3.2.2 Descrição dos Cenários no Estudo de Caso

A coleta de dados pretendida contou com enfoque em duas escalas, sendo uma de cunho mais amplo, dizendo respeito à situação de ocupação do solo, que teve como base parte do Bairro Recanto das Peixotas, em Itaúna/MG. A reprodução de algumas quadras em Maquete, ofereceu oportunidade para o estudo da insolação e iluminação, em quatro situações distintas de parâmetros urbanísticos, que serão denominados Cenários 1, 2, 3 e 4.

E, na abordagem específica, foi analisada a viabilidade de implantação de sistema fotovoltaico de geração de energia conectado à rede pública (SFCR) em duas lojas comerciais. Foi estudado onde este sistema deverá ser implantado, para se obter uma maior produção de energia solar fotovoltaica.

Foram propostos quatro cenários distintos para o estudo de caso, estando os mesmos representados pelas Figuras 10, 11, 12 e 13; e pelos Quadros 2 e 3 - Comparativos dos Lotes nos Cenários 1 e 2; 3 e 4.

Quadro 2 – Comparativo dos Lotes nos Cenários 1 e 2

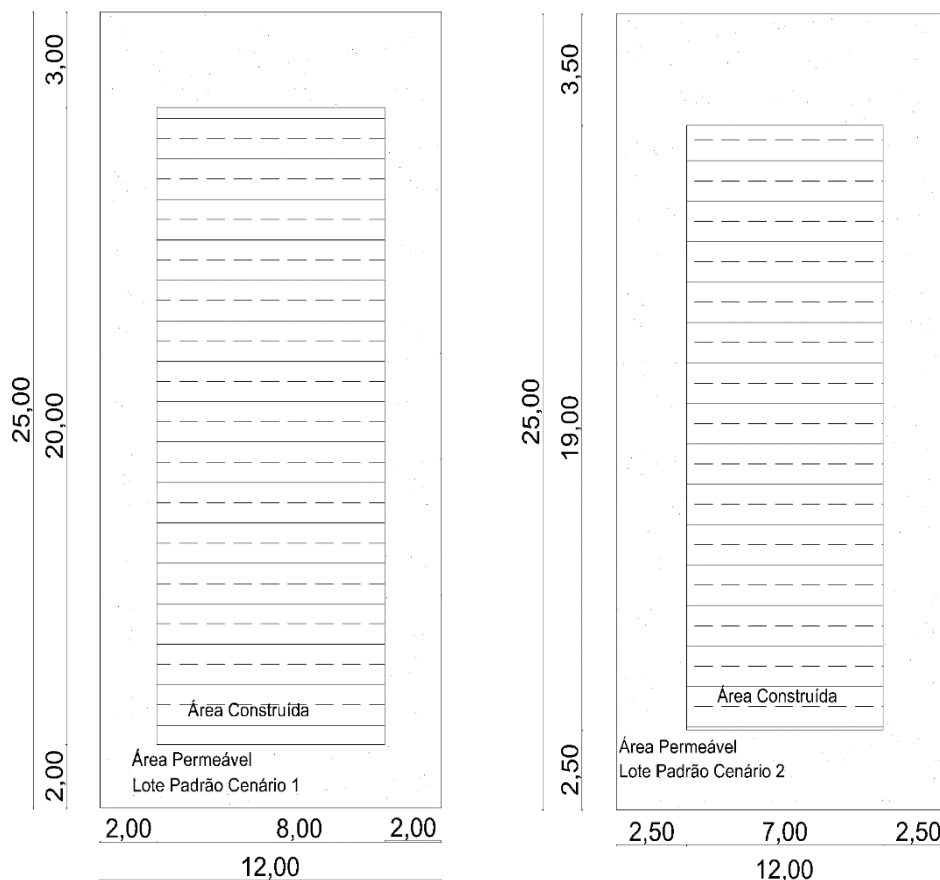


Figura 10 – Lote Padrão do Cenário 1.

Fonte: elaborado pela autora

Figura 11 – Lote Padrão do Cenário 2.

Fonte: elaborado pela autora

Como o lote tamanho padrão do município de 300 m², inviabiliza afastamento maior que o da maquete 2, e o bairro analisado não possui as quadras posicionadas no sentido norte-sul e leste-oeste propõe-se o posicionamento das quadras neste sentido e a alteração do tamanho dos lotes tamanho padrão para 420 m² (15 x 28) para elaboração das maquetes 3 e 4. A maior dimensão do lote possibilita a ampliação dos afastamentos e um posicionamento mais favorável da edificação no sentido do aproveitamento dos recursos naturais relativos à insolação.

Quadro 3 – Comparativo dos Lotes nos Cenários 3 e 4

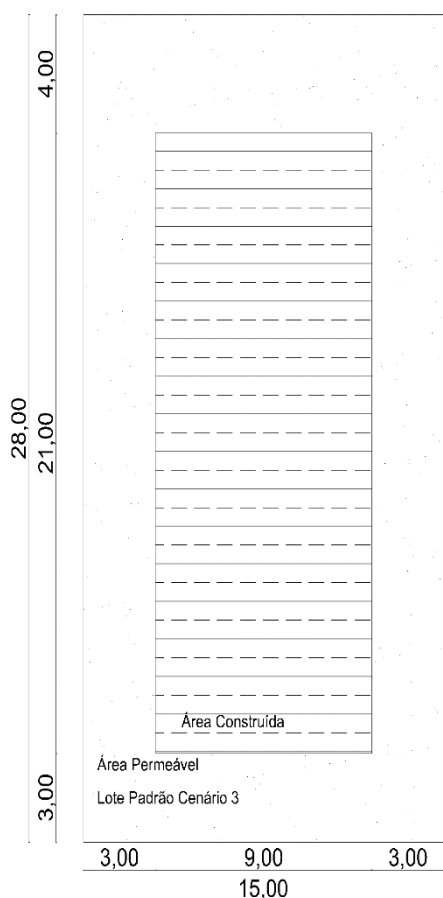


Figura 12 – Lote Padrão do Cenário 3.
Fonte: elaborado pela autora

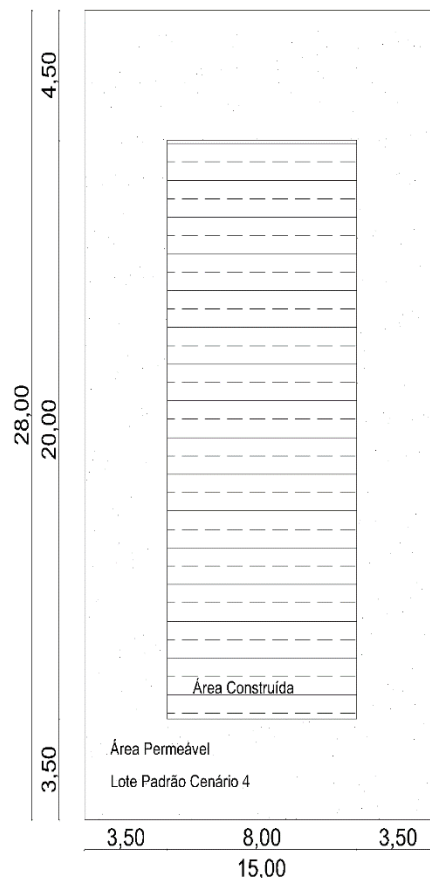


Figura 13 – Lote Padrão do Cenário 4.
Fonte: elaborado pela autora

O Quadro 4, apresenta as alterações de afastamentos e alturas propostas nos quatro cenários:

Quadro 4 – Comparativo dos Cenários

Comparativo dos Cenários						
Cenário	Tamanho do Lote (m²)	Afastamentos			Nº de Pavimentos	Altura (m)
		Frontal (m)	Laterais (m)	Fundo (m)		
Cenário 1	12m x 25m = 300m²	3,00	2,00	2,00	4	12,00
Cenário 2	12m x 25m = 300m²	3,50	2,50	2,50	5	15,00
Cenário 3	15m x 28m = 420m²	4,00	3,00	3,00	6	18,00
Cenário 4	15m x 28m = 420m²	4,50	3,50	3,50	7	21,00

Fonte: elaborado pela autora

A imagem de satélite, Figura 15, representa o Bairro Recanto das Peixotas, na cidade de Itaúna – MG.



Figura 15 – Imagem de satélite do Bairro Recanto das Peixotas.
Fonte: Google ([s/d], *online*)³

³ www.googleearth.com.br.

A Figura 16 mostra o local de implantação das lojas através de imagem de satélite, cujo lote encontra-se delimitado por linha vermelha.



Figura 16 – Imagem de satélite do local da implantação das lojas.
Fonte: Google ([s/d], *online*)⁴

⁴ www.goolgeearth.com.br.

A Figura 17, mostra imagem tridimensional das lojas comerciais.



Figura 17 - Imagem ilustrativa das inclinações na cobertura das lojas.

Fonte: elaborado pela autora.

Nas fotos obtidas como resultado da metodologia proposta, quando da simulação da posição do sol nos diversos horários e eles, nas estações do ano, as lojas estão na cor salmão, enquanto as edificações estão na cor branca, em todos os Cenários descritos.

Esta simulação da trajetória solar foi feita em intervalos de 1 em 1 hora entre os horários de 6 e 19 horas, considerando a posição do sol nestes respectivos horários. A observação destas fotos mostra o sombreamento provocado pelas edificações vizinhas ao sistema de energia solar fotovoltaico, instalado na cobertura das lojas comerciais assim como o sombreamento nas vedações verticais entre as edificações situadas nas quadras analisadas.

Tal procedimento pôde esclarecer sobre o rendimento de sistema de energia solar fotovoltaica, quando este vier a ser instalado na cobertura das lojas ou das edificações representadas: quanto menos sombra houver na cobertura, maior o rendimento do sistema.

Observe-se que nem todos os dados coletados na pesquisa estão inseridos, devido ao fato de nos horários de 10hs até 16hs haver incidência de sol em todas as épocas do ano, como exemplificado pela Figura 18.

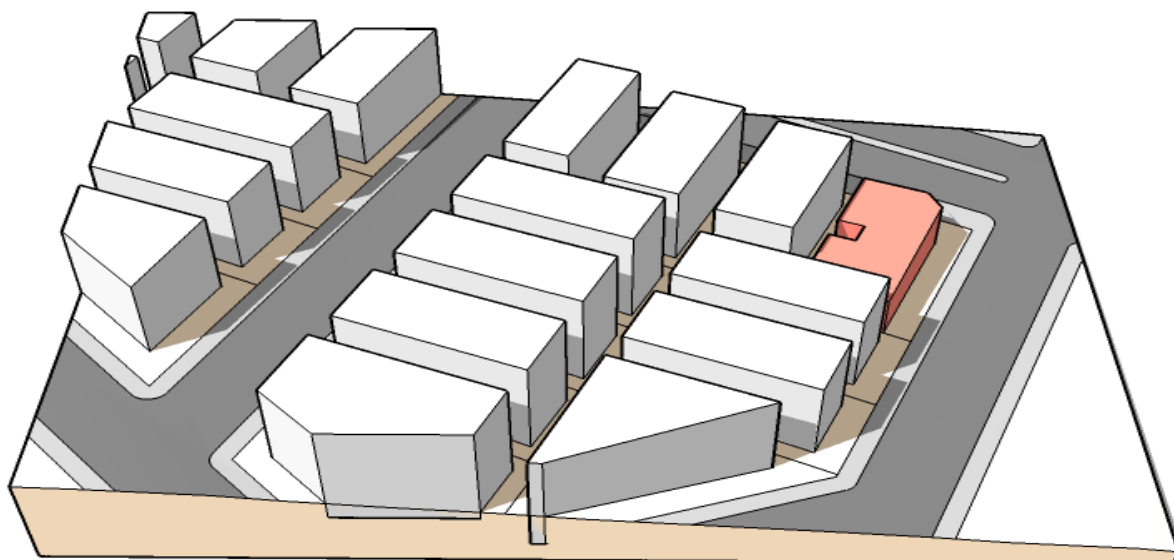


Figura 18 – Cenário 1, Equinócio de Primavera – 10hs.

Fonte: elaborado pela autora.

Apesar dos horários padrão serem 9 e 15 horas, os utilizados foram de 9 e 17 horas. Justifica-se a escolha desta faixa horária pelo fato de, no horário de 9 horas, iniciar-se a completa insolação da cobertura. E 17 horas ser o horário limite de insolação completa, verificado na coleta de dados, salvo seis casos a serem relatados a posteriori. (Cenário 2 - Solstício de Inverno e Verão 9hs; Equinócio de Primavera e Outono 9hs; Cenário 3 e 4, Equinócio de Primavera, 17hs).

Na colocação das fotos, referentes ao Equinócio e ao Solstício, optou-se por apenas uma foto do Equinócio e uma do Solstício de Inverno e do Solstício de Verão, devido ao fato de serem iguais as imagens do Equinócio de Primavera e de Outono.

Todas as imagens coletadas encontram-se no Apêndice 1.

Sintetizadas nos Quadros 1, 2 e 3 estão as imagens destes horários de 9 e 17 horas, no Equinócio e nos Solstícios de Inverno e Verão.

Após a elaboração das fotos de cada horário, em cada cenário, foi possível calcular as áreas de insolação nas coberturas e fachadas das lojas e do prédio situado na lateral sul das lojas. Estes dados foram colocados em planilhas. Como os dados dessas planilhas eram numerosos, optou-se pela sua sintetização, em uma tabela resumo que foi elaborada da seguinte maneira:

a Foi calculada a área em metros quadrados de insolação da cobertura das lojas nas datas dos equinócios de outono e primavera e nos solstícios de inverno e verão, em cada horário, entre as seis e as dezenove horas;

b Após, foi feito o cálculo da média horária anual, tendo como referência a área acima calculada, para cada maquete, nestas quatro datas;

c Em seguida, calculou-se a média diária, somando-se as médias de cada horário e dividindo pela quantidade de horários.

No Programa PvSyst (2012) foram feitas simulações de produção de energia solar em sistemas implantados nas coberturas das lojas comerciais e do edifício, objetos desta pesquisa. Nestas simulações se utilizaram três diferentes tecnologias de produção de energia solar fotovoltaica: Células Monocristalinas, Células Policristalinas e Filme Fino. Utilizou-se a posição geográfica de Belo Horizonte, de que se possui informações climáticas e os dados são bastante parecidos com os da cidade de Itaúna. Os sistemas foram colocados voltados para norte, com uma inclinação de 20°. O programa utiliza os dados de *Meteonorm*, que é considerada a fonte mais confiável para dados meteorológicos mensais e define cerca de 1100 estações para as quais valores de irradiância estão disponíveis.

4 RESULTADOS

Conforme exposto na Metodologia aplicada, estes resultados se deterão em dois aspectos, sendo um, correspondente a uma visão mais ampla, referente aos Cenários propostos e outro, mais específico, referente à implantação do SFCR nas lojas situadas no Bairro Recanto das Peixotas.

4.1 Análise dos resultados coletados no estudo dos Cenários

Nas Figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26, referentes à posição do sol no Equinócio, nas Maquetes 1, 2, 3 e 4, fica nítida a ampliação da área de sombreamento conforme o aumento da altura das edificações do entorno quando da comparação das Maquetes 1 e 2; e 3 e 4.

É importante observar que a área onde ocorre sombreamento, às 9 horas, é limítrofe às edificações do entorno, nos quatro cenários.

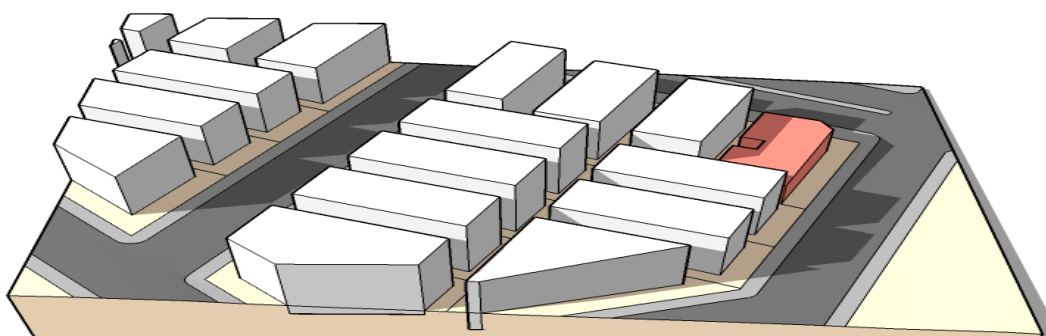


Figura 19 - Maquete 1 - Equinócio - 9hs
Fonte: elaborado pela autora

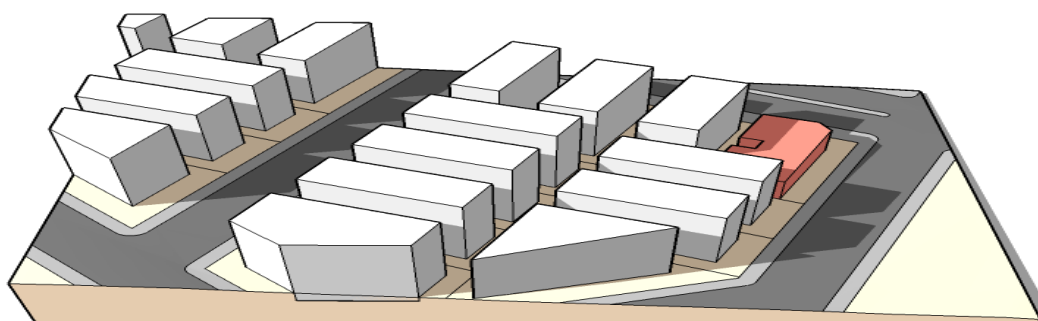


Figura 20 – Maquete 2 – Equinócio – 9hs
Fonte: elaborado pela autora

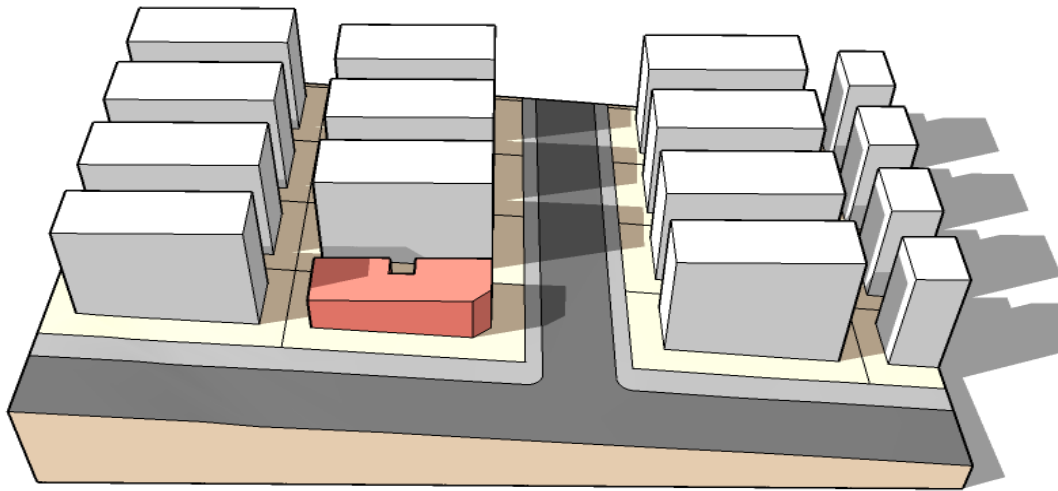


Figura 21 - Maquete 3 - Equinócio - 9hs
Fonte: elaborado pela autora

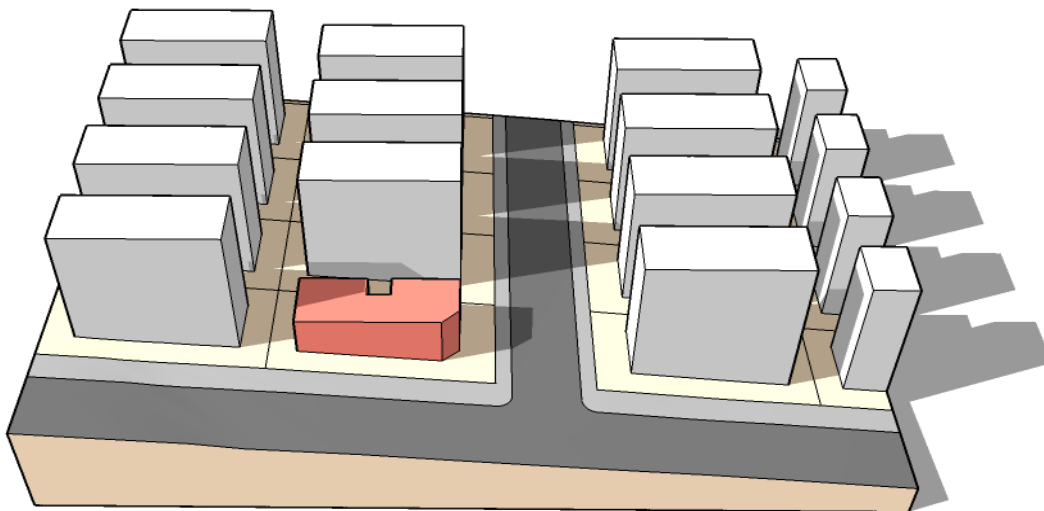


Figura 22 – Maquete 4 – Equinócio – 9hs
Fonte: elaborado pela autora

No horário de 17hs apenas nas Maquetes 3 e 4 ocorre sombreamento.

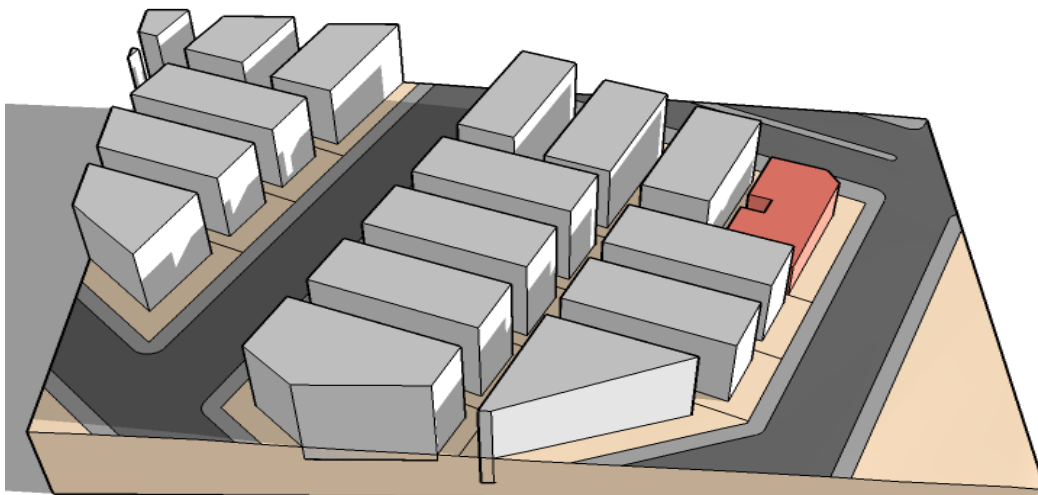


Figura 23 - Maquete 1 - Equinócio - 17hs
Fonte: elaborado pela autora

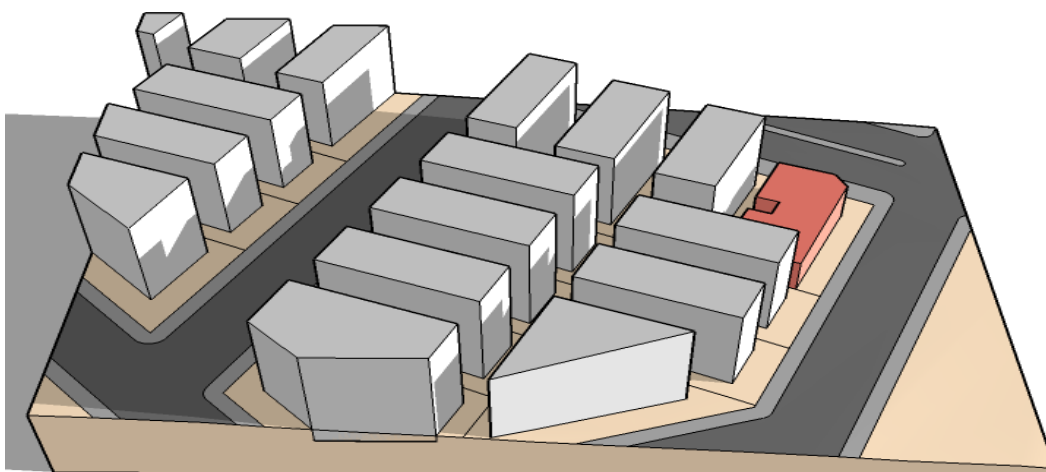


Figura 24 – Maquete 2 – Equinócio 17hs
Fonte: elaborado pela autora

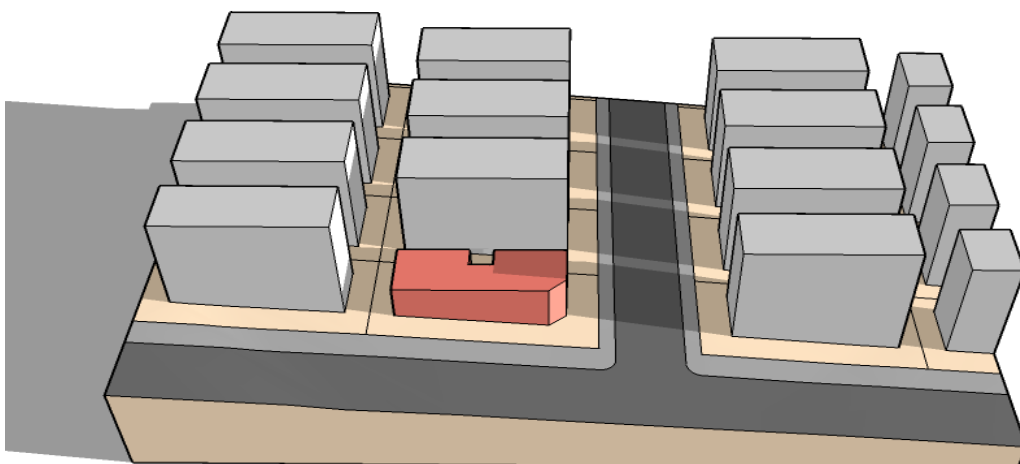


Figura 25 - Maquete 3 - Equinócio - 17hs
Fonte: elaborado pela autora

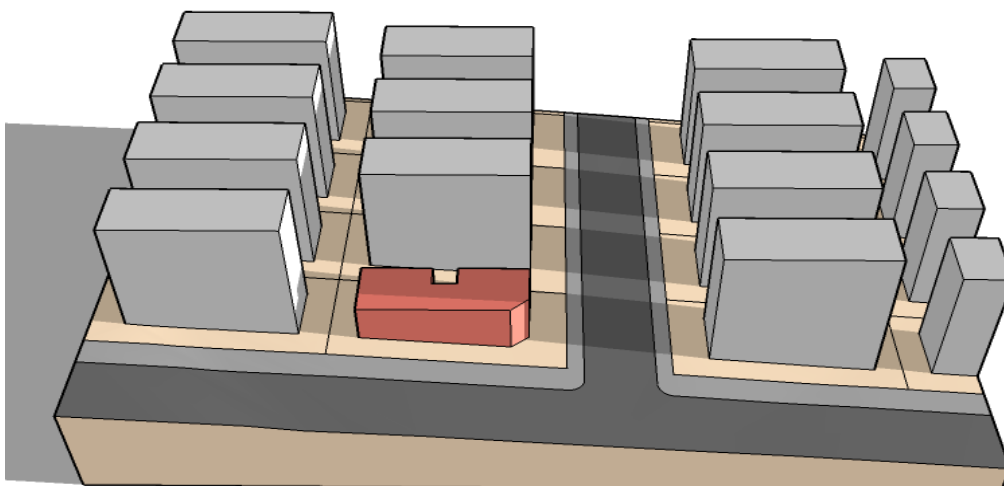


Figura 26 – Maquete 4 – Equinócio – 17hs
Fonte: elaborado pela autora

Nas Figuras 27 e 28, referentes ao Solstício de Inverno, na comparação das Maquetes 1 e 2, às 9 horas, a observação da cobertura das lojas mostra a ampliação da área sombreada, com o aumento da altura das edificações do entorno. A alteração da posição do sol durante o inverno também reforça esta ampliação.

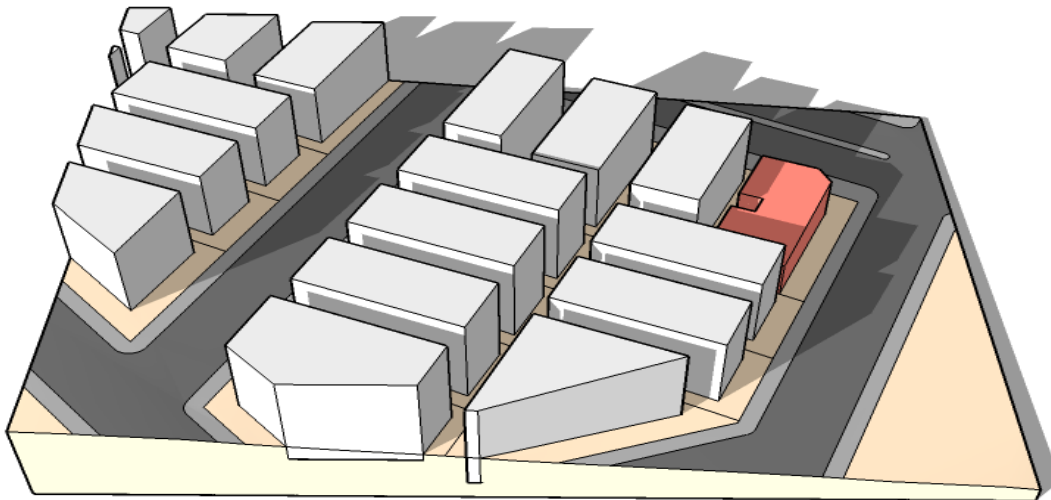


Figura 27 - Maquete 1 - Solstício de Inverno - 9hs
Fonte: elaborado pela autora

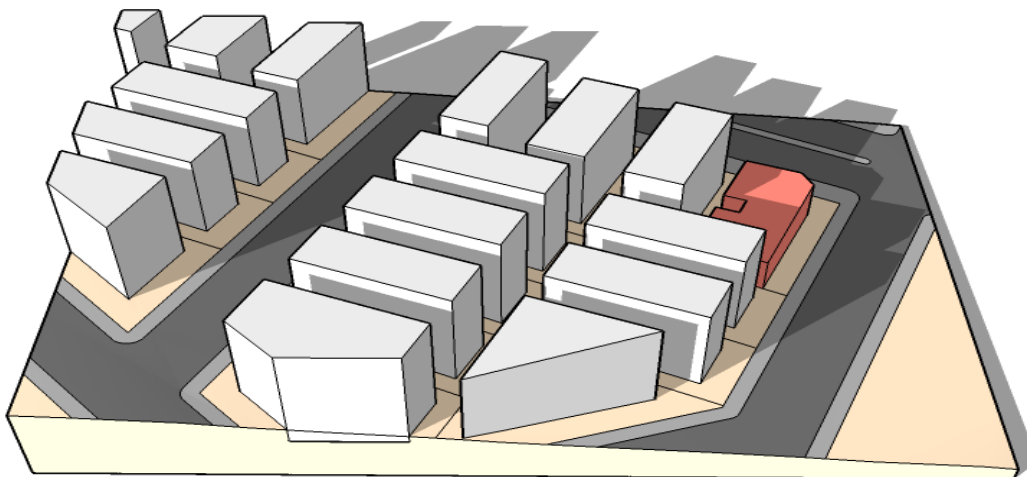


Figura 28 – Maquete 2 – Solstício de Inverno – 9hs
Fonte: elaborado pela autora

Já nas Figuras 29 e 30, na comparação das Maquetes 3 e 4, pode-se observar a ampliação desta área de sombreamento através da observação da fachada sul da edificação vizinha às lojas. Observe-se que a Maquete 3 possui seis andares no conjunto das edificações do entorno. Na Maquete 4, o número de andares é sete.

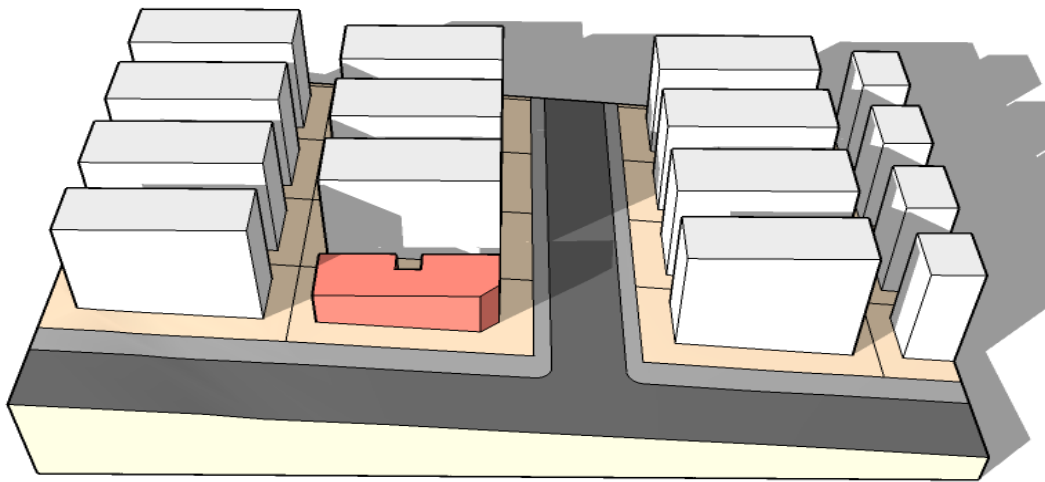


Figura 29 - Maquete 3 - Solstício de Inverno - 9hs
Fonte: elaborado pela autora

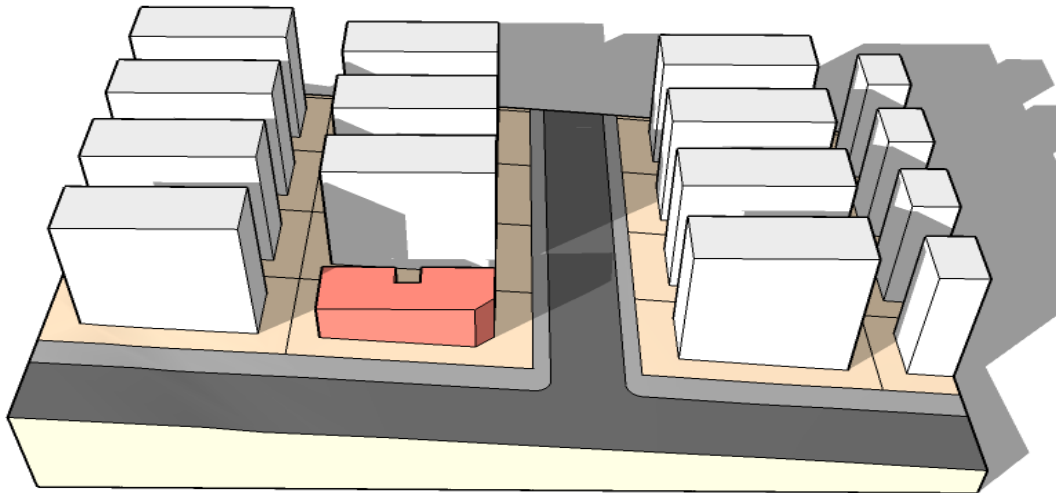


Figura 30 – Maquete 4 – Solstício de Inverno – 9hs
Fonte: elaborado pela autora

Nas Figuras 31 e 32, referentes aos cenários 1 e 2, imagens de 17hs, a ampliação da área de sombreamento pode ser observada através da observação da fachada da edificação vizinha às lojas.

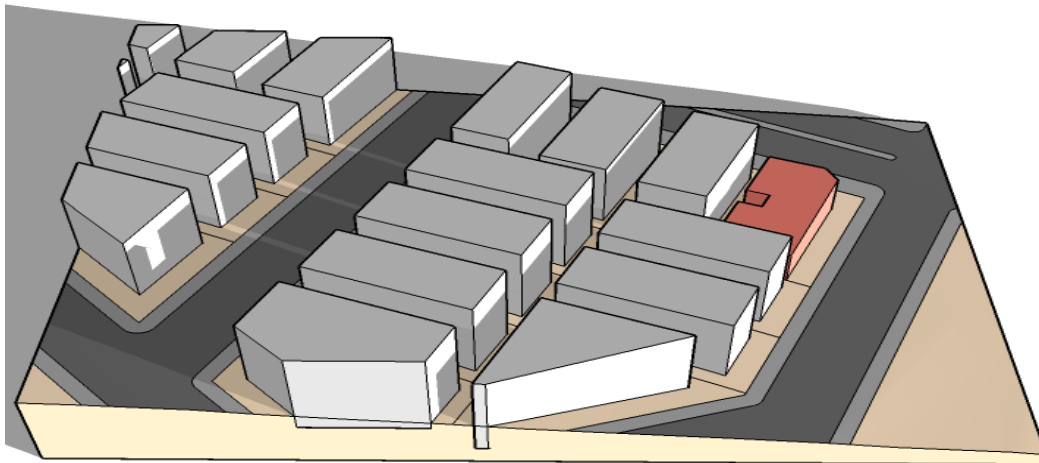


Figura 31 - Maquete 1 - Solstício de Inverno - 17hs
Fonte: elaborado pela autora

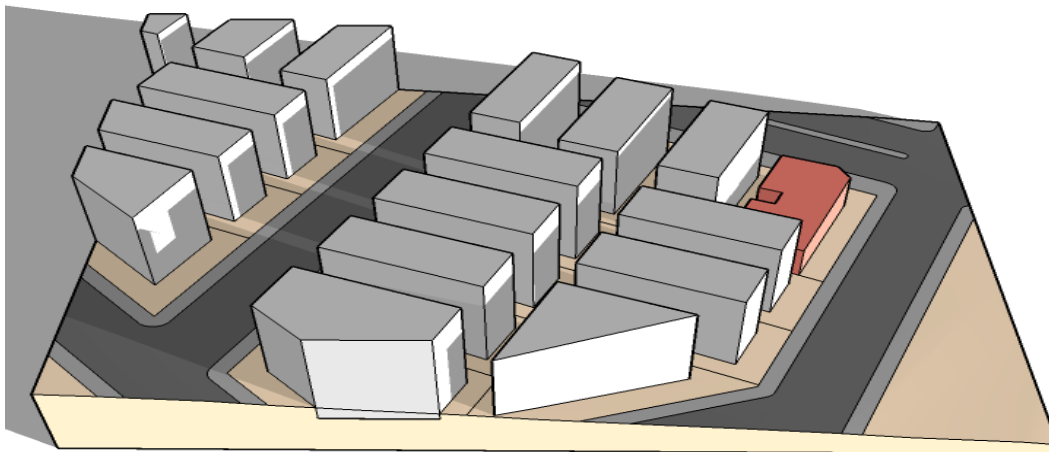


Figura 32 – Maquete 2 – Solstício de Inverno – 17hs
Fonte: elaborado pela autora

Fato que se repete, nas imagens de 17hs, nos cenários 3 e 4, representados pelas Figuras 33 e 34, onde a ampliação da área de sombreamento pode ser observada através da fachada da edificação vizinha às lojas.

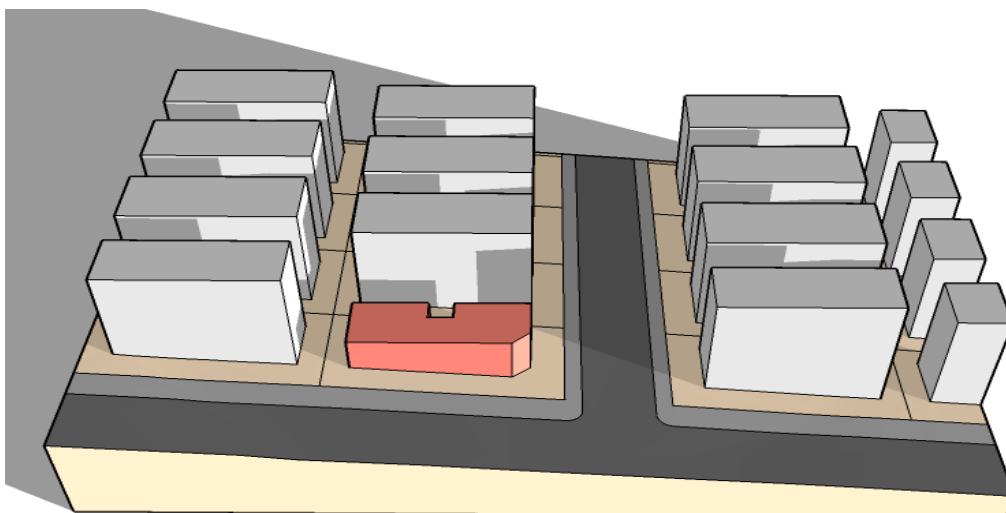


Figura 33 - Maquete 3 - Solstício de Inverno - 17hs
Fonte: elaborado pela autora

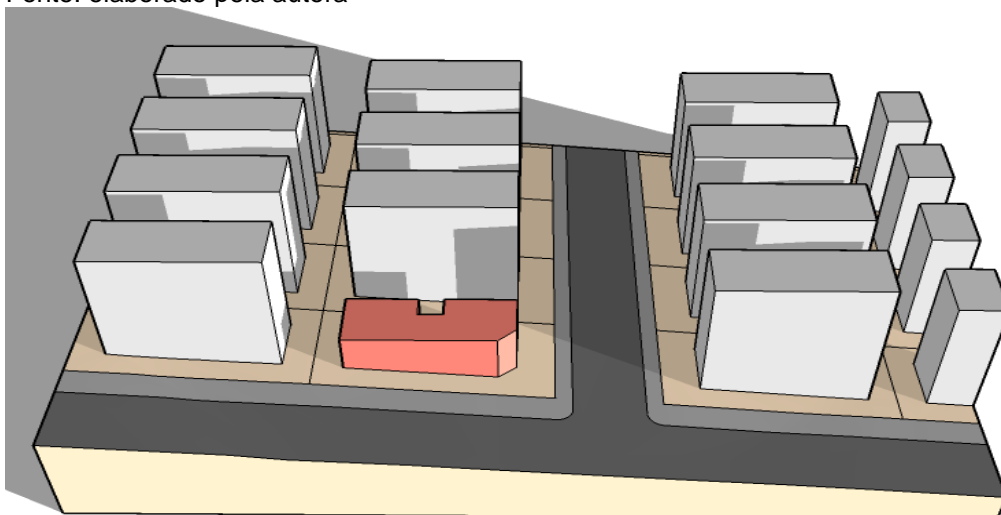


Figura 34 – Maquete 4 – Solstício de Inverno – 17hs
Fonte: elaborado pela autora

Nas Figuras 35 e 36, se simula a posição do sol no Solstício de Verão o que demonstra, na comparação das Maquetes 1 e 2, às 9 horas, um aumento de sombreamento, conforme o aumento da altura das edificações do entorno.

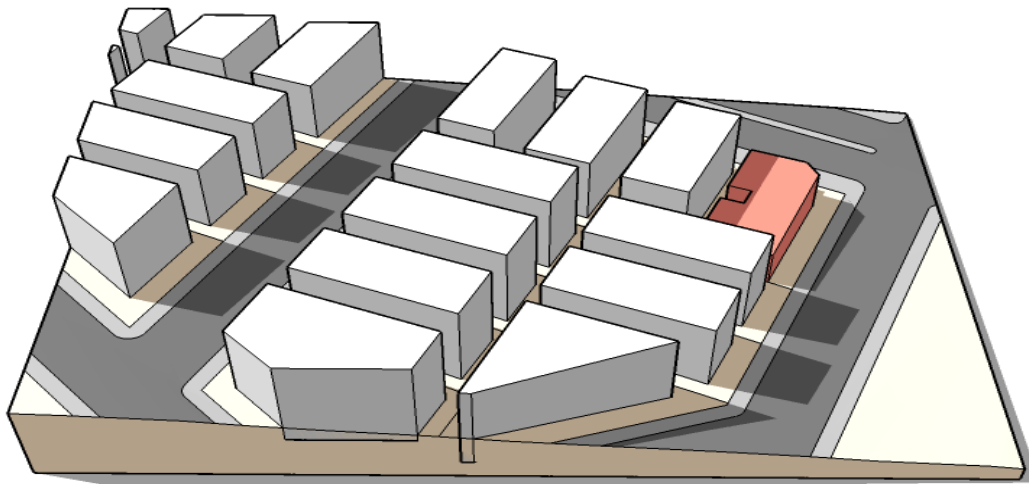


Figura 35 - Maquete 1 - Solstício de Verão - 9hs
Fonte: elaborado pela autora

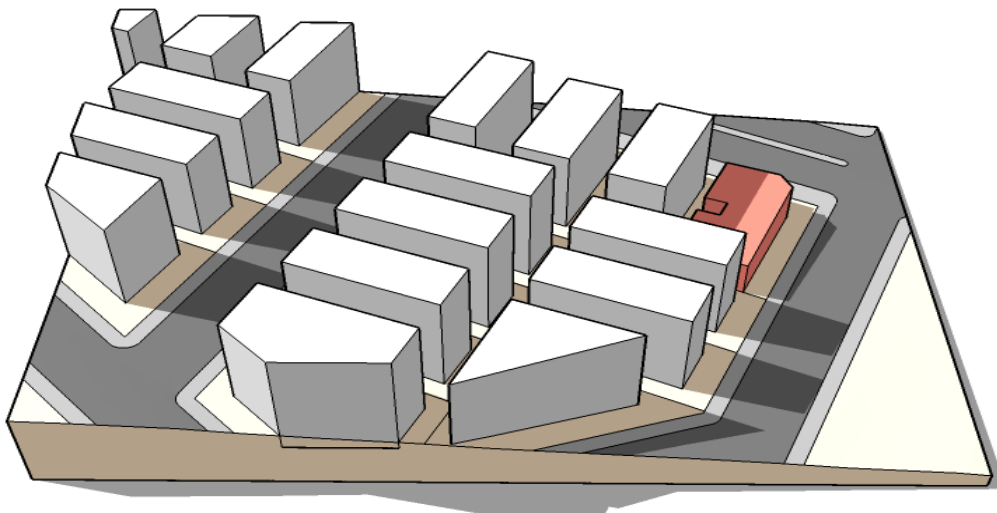


Figura 36 – Maquete 2 – Solstício de Verão – 9hs
Fonte: elaborado pela autora

Fato que se repete também na comparação das Maquetes 3 e 4, representadas pelas Figuras 37 e 38.

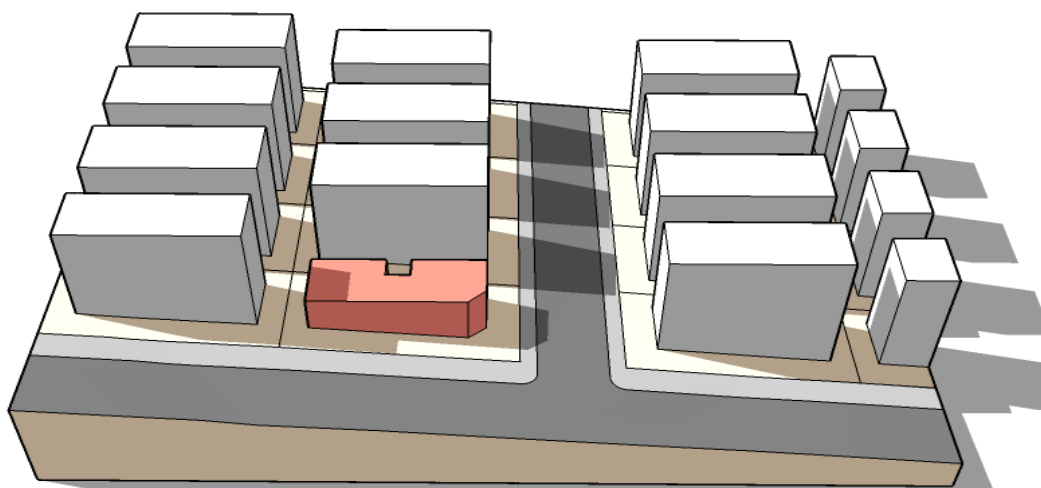


Figura 37 - Maquete 3 - Solstício de Verão - 9hs
Fonte: elaborado pela autora

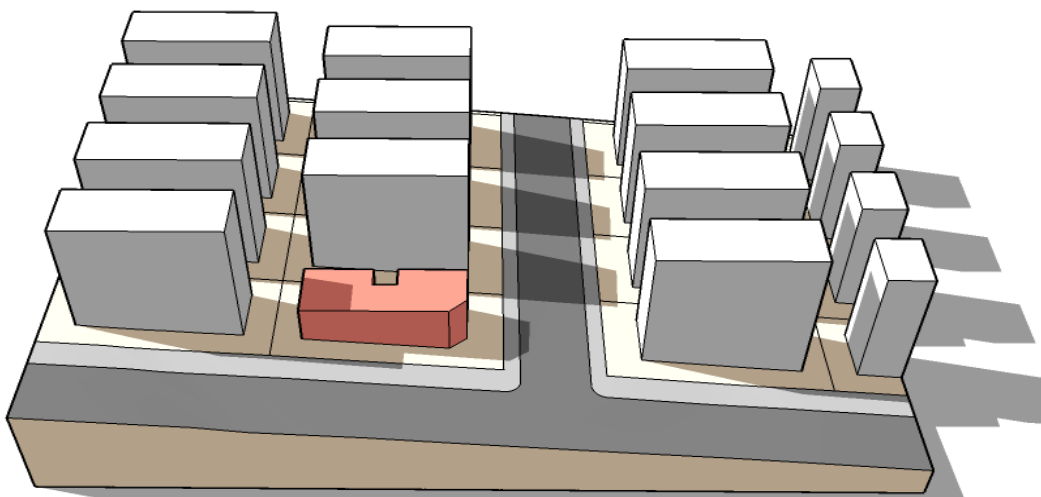


Figura 38 – Maquete 4 – Solstício de Verão – 9hs
Fonte: elaborado pela autora

No horário das 17 horas, na comparação das quatro maquetes, praticamente não ocorre sombreamento, devido à alteração da posição do sol no Verão, conforme demonstrado pelas Figuras 39, 40, 41 e 42.

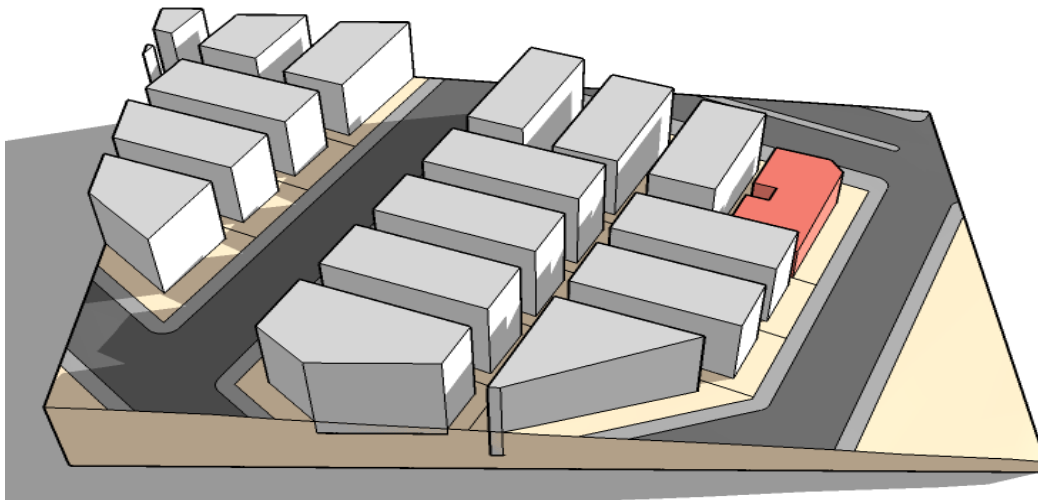


Figura 39 - Maquete 1 - Solstício de Verão - 17hs
Fonte: elaborado pela autora

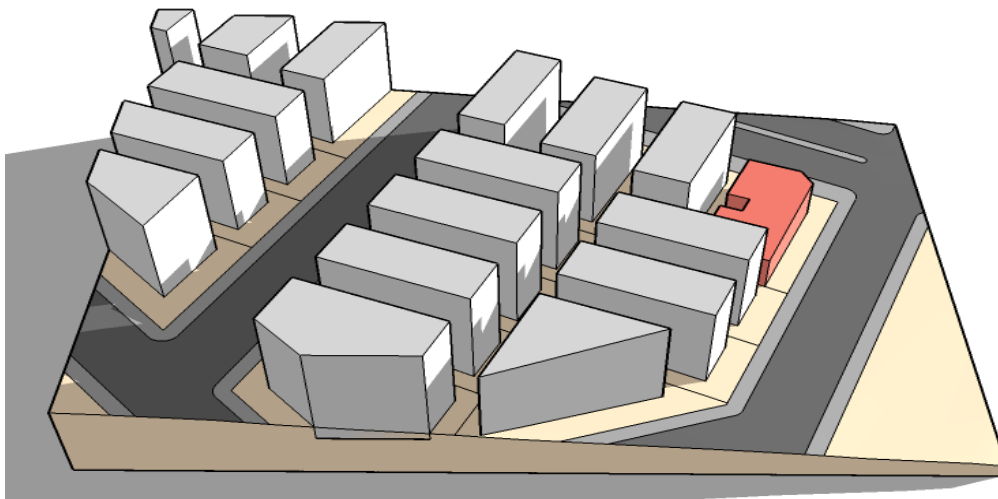


Figura 40 – Maquete 2 – Solstício de Verão – 17hs
Fonte: elaborado pela autora

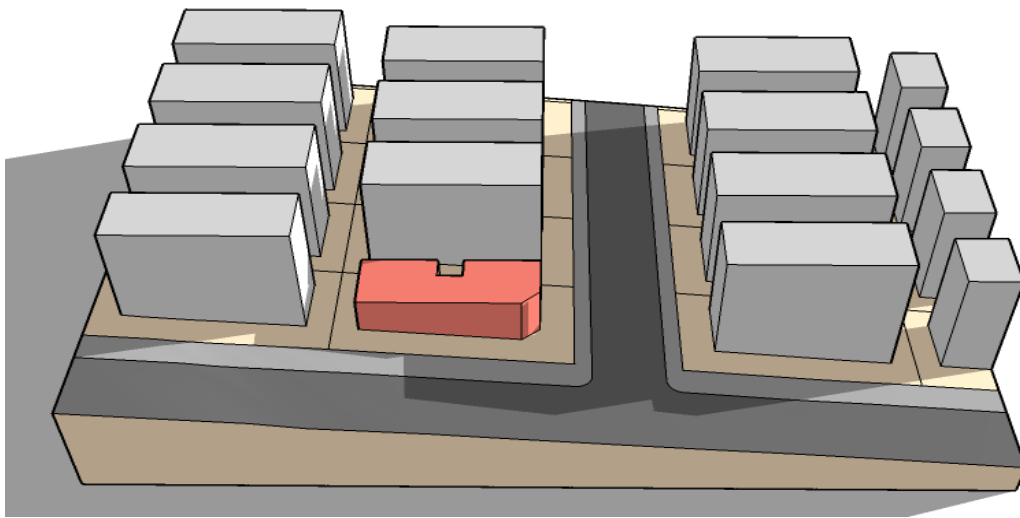


Figura 41 - Maquete 3 - Solstício de Verão - 17hs
Fonte: elaborado pela autora

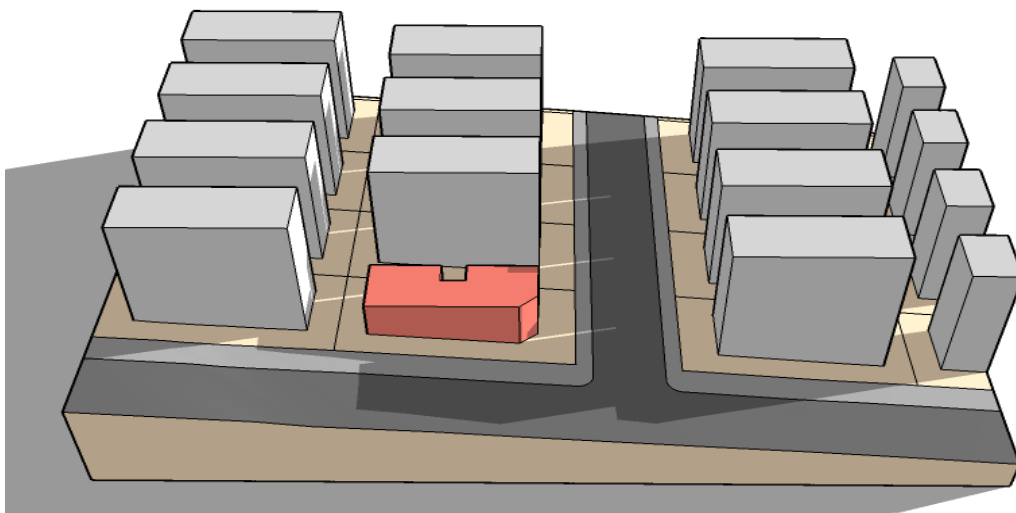


Figura 42 – Maquete 4 – Solstício de Verão – 17hs
Fonte: elaborado pela autora

4.2 Análise dos resultados coletados para a implantação do SFCR

Numa análise de abordagem mais específica da implantação do SFCR nas lojas, estudou-se a insolação e o sombreamento da cobertura e das fachadas para escolha do local mais indicado.

Como a quantidade de informações referentes à insolação e sombreamento na cobertura e nas fachadas é numerosa, foi elaborado o Quadro 5 - Resumo dos Resultados e o Quadro 6 - Síntese Área de Insolação, com a média diária de insolação nos diversos cenários, onde se pode constatar que a área da cobertura tem um percentual de insolação muito superior ao das fachadas, o que favorece a instalação do sistema de energia solar fotovoltaica.

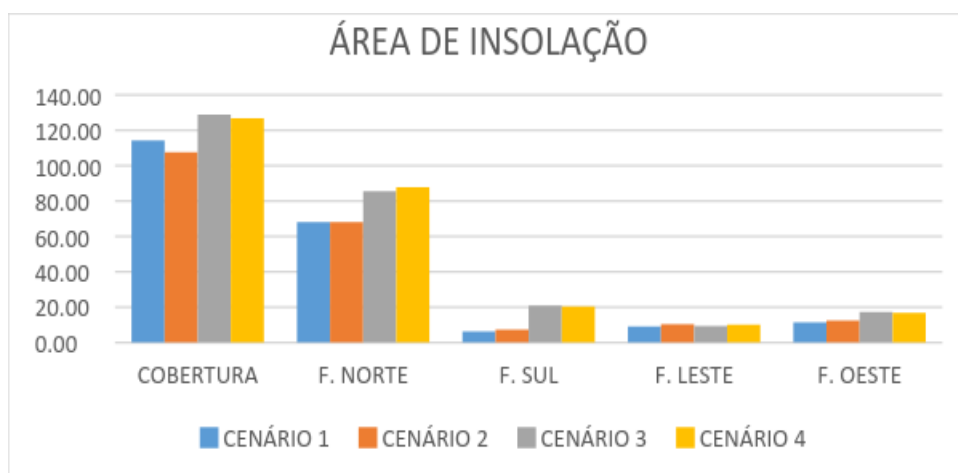
No caso das fachadas, a proximidade das edificações vizinhas provoca um grande sombreamento, o que produziria perda de eficiência do sistema e inviabilizaria a sua implantação.

Quadro 5 - Resumo dos Resultados

RESUMO DOS RESULTADOS - LOJA					
ÁREA DE INSOLAÇÃO (m ²) - MÉDIA DIÁRIA					
	COBERTURA	FACHADA NORTE	FACHADA SUL	FACHADA LESTE	FACHADA OESTE
CENÁRIO 1	114,18	68,07	6,31	9,15	11,41
CENÁRIO 2	107,57	68,07	7,13	10,45	12,28
CENÁRIO 3	128,87	85,48	20,89	9,21	17,13
CENÁRIO 4	126,69	87,75	20,35	10,09	16,78

Fonte: elaborado pela autora

Quadro 6 - Síntese Área de Insolação



Fonte: elaborado pela autora

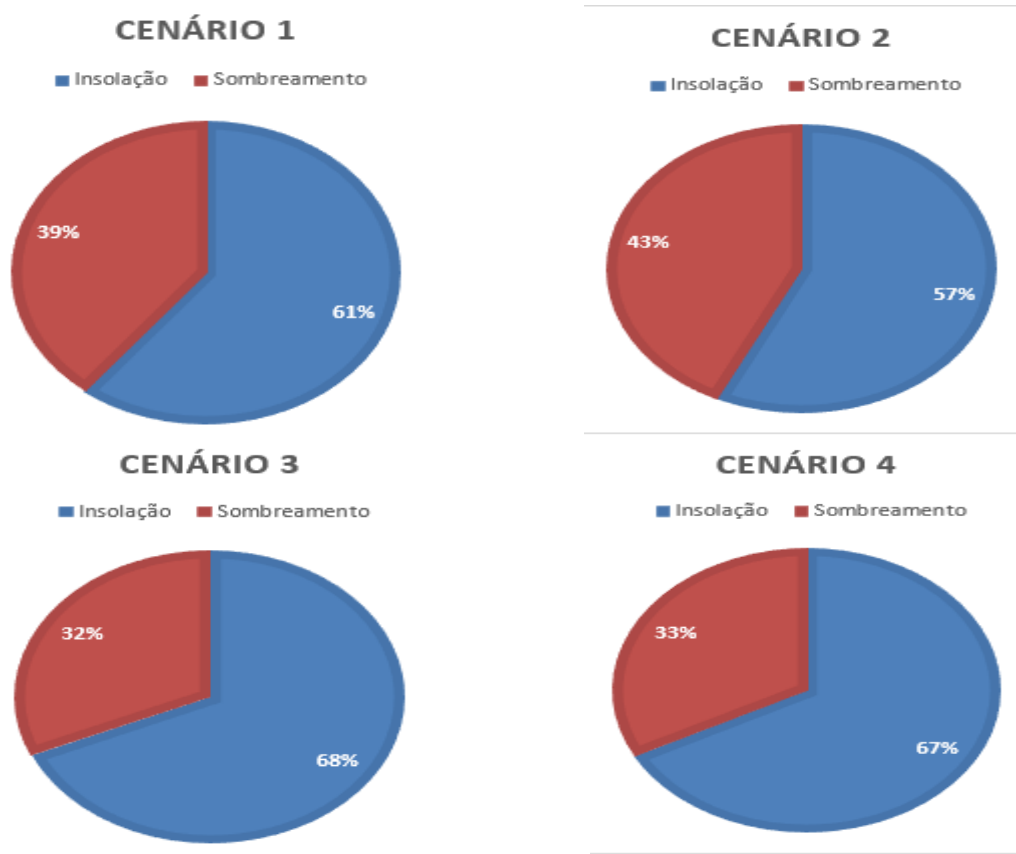
A melhor área para implantação do sistema de energia solar fotovoltaica é na cobertura, nos quatro cenários, conforme demonstrado pelo Quadro 9 - Síntese Área de Insolação.

Dentre as fachadas, apenas a fachada norte possui área de insolação significativa. As demais possuem área de insolação ínfima.

Na cobertura, o índice de insolação viabiliza a implantação do sistema de energia solar fotovoltaica, conforme demonstrado no Quadro 5 - Resumo dos Resultados e no Quadro 6 - Síntese Área de Insolação.

Como além da insolação é de relevante importância a análise do sombreamento, foi elaborado o Quadro 7, que mostra os percentuais de área de insolação e sombreamento, nos cenários de 1 a 4.

Quadro 7 - Percentuais de área de insolação e sombreamento



Fonte: elaborado pela autora

Fazendo uma análise do Quadro 7, o melhor cenário para o desempenho dos painéis solares é o 3, pela maior área de insolação e menor área de sombreamento. Cabe destacar que, apesar de apresentar afastamentos menores que o cenário 4, tem maior área de insolação, precisamente pela relação: altura do prédio vizinho e afastamento mínimo, fator que deve ser considerado como parâmetro de controle do adensamento e verticalização.

Ressalte-se que, no Cenário 1, que reproduz a situação do lote onde serão construídas as lojas, a área de insolação é pouco menor que a do Cenário 3, que possui área de insolação de 128,87m²; enquanto no Cenário 1 esta área é de 114,18m², como mostra o Quadro 5. Este Cenário é o de maior peso, por ser real.

Dando continuidade ao estudo da insolação e sombreamento da cobertura das lojas, como a insolação do SFCR no período entre 9 e 17 horas possibilita o maior rendimento do sistema e ocorre sombreamento da cobertura das lojas no Cenário 2 – 9hs, nos Equinócios e nos Solstícios, elaborou-se a Figura 43. A análise desta Figura 43, possibilita a escolha do local de implantação do SFCR na cobertura, onde ocorre menor sombreamento, durante menos tempo.

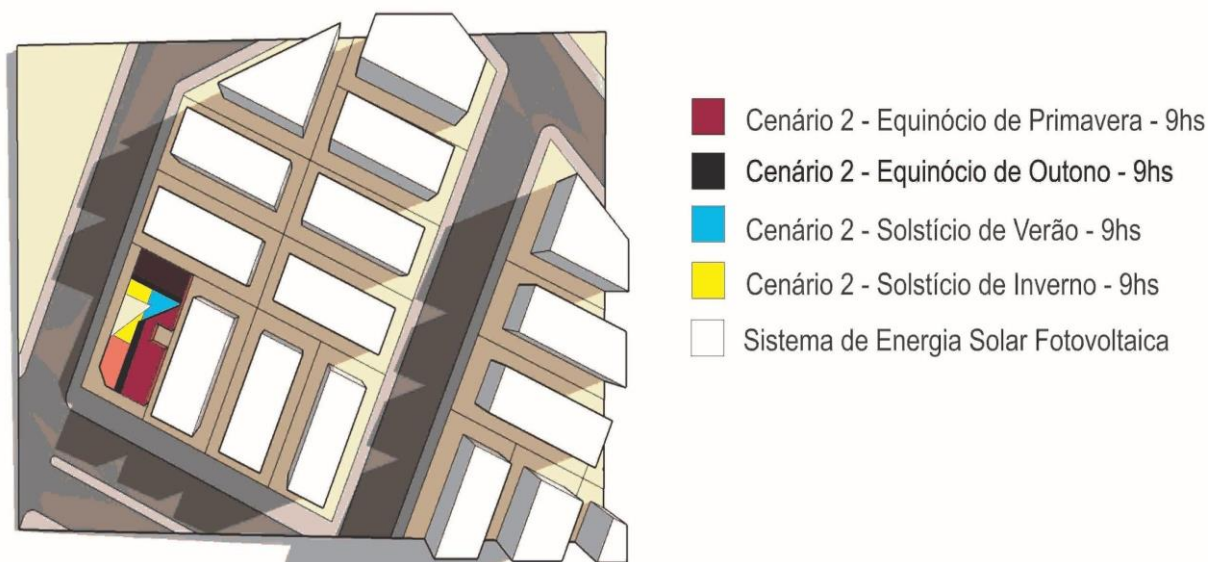


Figura 43 - Simulação da Área de Sombreamento no Cenário 2 - 9hs.

Fonte: elaborado pela autora

A Figura 43 ilustra, de forma concisa, o sombreamento no Cenário 2, nos Equinócios de Primavera e Outono e nos Solstícios de Verão e Inverno, no horário de 9 horas, horário em que ocorre sombreamento na cobertura das lojas.

Esta sobreposição facilita a escolha do local de implantação do sistema de energia solar fotovoltaica, que está representado pela figura triangular branca, na cobertura das lojas.

Tal implantação será apenas na área central da cobertura, como demonstrado pela forma triangular branca representada na cobertura das lojas, para evitar o sombreamento provocado pelas edificações vizinhas. Isto se justifica porque esta região possui insolação durante todo o ano, no horário entre 9 e 17 horas.

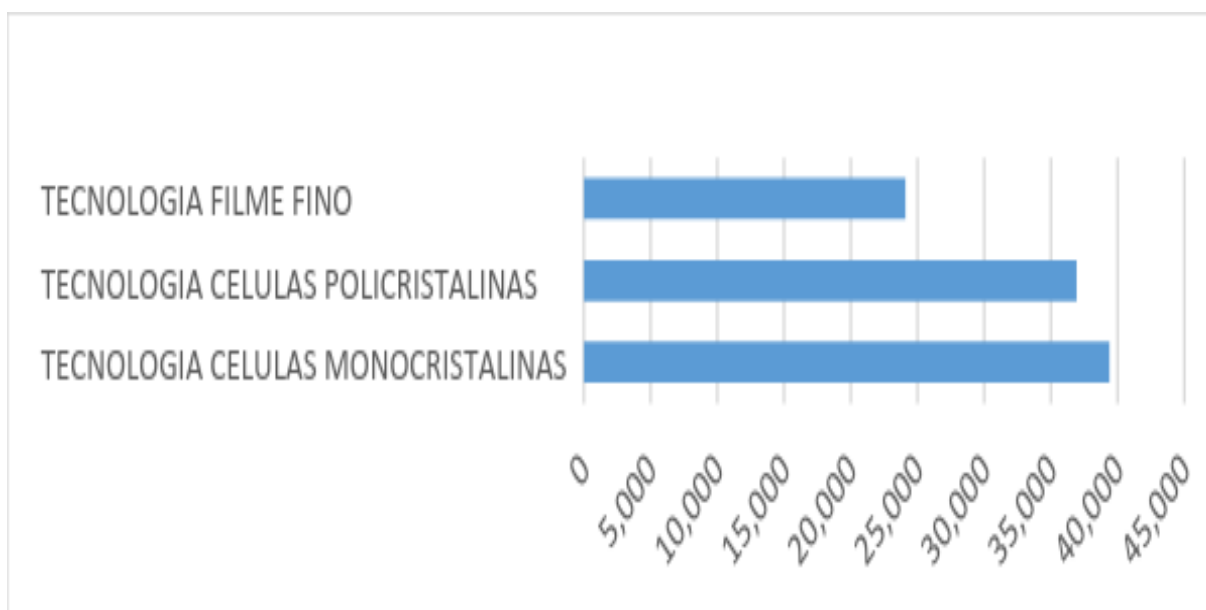
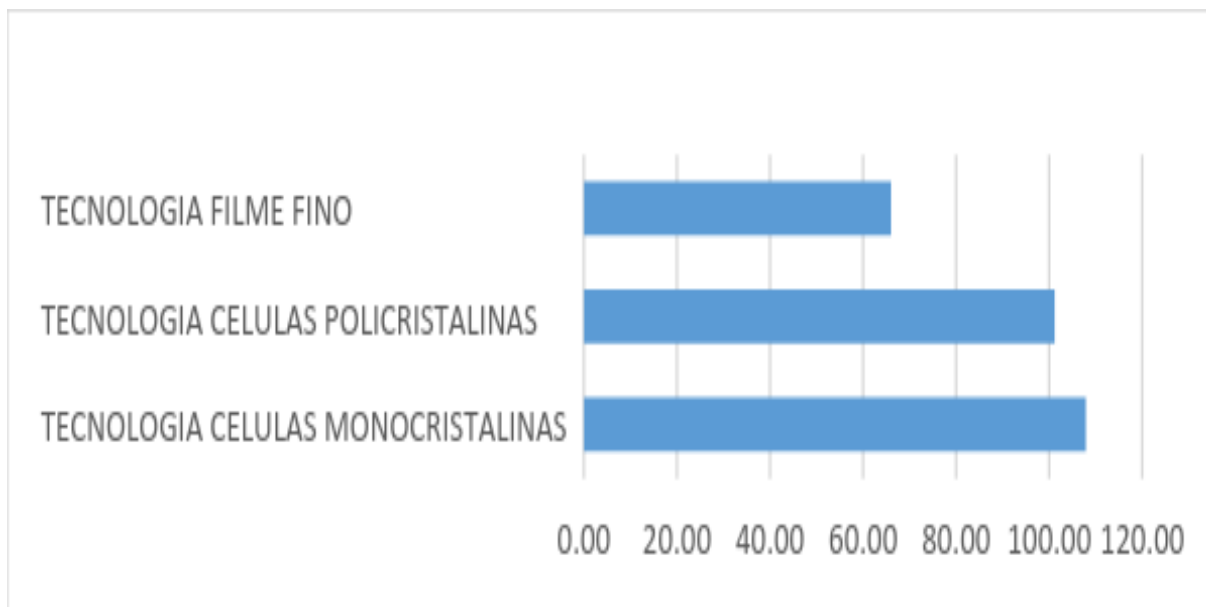
Exceto, no Cenário 2, no Solstício de Verão, às 9 horas e nos Cenários 3 e 4, Equinócio de Primavera, às 17 horas, horários onde ocorrerá sombreamento de uma área diminuta do sistema. E no Cenário 2, Solstício de Inverno, horário de 9 horas, quando ocorrerá sombreamento de todo o sistema, conforme ilustração das áreas de sombreamento da Figuras 43. A escolha desta área de implantação neutraliza o sombreamento que ocorre na cobertura no Cenário 2, nos Equinócios de Primavera e Outono, 9 horas.

O cálculo da produção de energia solar fotovoltaica no sistema implantado na cobertura das lojas foi feito utilizando-se o programa computacional PvSyst. Com a utilização deste programa foi possível comparar a produção de energia utilizando-se três diferentes tipos de tecnologia de captação de energia solar fotovoltaica, em todos os quatro cenários para que se pudesse fazer a escolha da maior produção.

Estes três tipos de tecnologia foram escolhidos por possuírem melhor custo benefício e serem os mais utilizados atualmente.

Optou-se pela implantação de sistema fotovoltaico composto por painéis de silício cristalino (mono cristalino), cuja performance, em termos de produção de energia, supera as outras estudadas, conforme demonstra o Quadro 8, que ilustra as médias mensais e anuais de produção de energia solar fotovoltaica quando da utilização das tecnologias de painéis de silício monocristalino, policristalino e filme fino.

Quadro 8 - Médias mensais e anuais de produção de energia solar fotovoltaica



Fonte: elaborado pela autora

Visando um melhor aproveitamento do sistema de energia solar fotovoltaico, como o lote onde as lojas serão construídas encontra-se a $22^{\circ}43'$ em relação ao Norte Geográfico, ele será implantado em laje com duas inclinações. A primeira de 22° para direcionar o sistema fotovoltaico no sentido Norte, a segunda para elevar o sistema em 20° , para um melhor aproveitamento da insolação. Estas inclinações estão demonstradas na Figura 17.



Figura 17 - Imagem ilustrativa das inclinações na cobertura das lojas
Fonte: elaborado pela autora

5 CONCLUSÕES

O objetivo da pesquisa realizada foi atingido, duplamente, ao se analisar, no seu sentido mais amplo, de forma comparativa, os parâmetros distintos de afastamento e altura das edificações do entorno, das lojas comerciais; e no seu sentido mais específico, o potencial de geração de energia solar fotovoltaica, na cobertura destas lojas no Bairro Recanto das Peixotas, na Cidade de Itaúna, Minas Gerais.

Este trabalho prático, com cenários diferenciados de ocupação do solo, contribuiu para a verificação do impacto do adensamento e da verticalização sobre o acesso à insolação direta, conforme a expectativa.

As questões colocadas, que estavam relacionadas à insolação e ao sombreamento, provocadas pela posição do sol e pelas construções do entorno, foram investigadas exaustivamente e simuladas as condições de insolação e sombreamento nas lojas comerciais em estudo.

Os Cenários, neste estudo, são uma análise comparativa de afastamentos e alturas, proposta para estudo de otimização da produção de energia solar fotovoltaica.

Os resultados foram obtidos com o auxílio de tecnologias oferecidas por programas computacionais. Foram feitas diversas simulações, em todos os cenários propostos, referentes às datas dos Equinócios de Outono e Primavera e Solstícios de Inverno e Verão.

Dos quatro Cenários analisados no Estudo de Caso em questão, o Cenário 3 foi o que apresentou melhor área de insolação na cobertura.

No Cenário 4, apesar dos afastamentos serem maiores do que os do Cenário 3, como a altura das edificações do entorno é maior (do que no Cenário 3), a área de insolação é menor, ficando este como segundo melhor resultado.

O Impacto do adensamento e verticalização sobre o potencial de geração fotovoltaica dependerá da relação entre os afastamentos adotados e a altura das edificações, que é regulamentada, em alguns municípios, pelas Leis de Uso e Ocupação do Solo.

Observe-se que o Cenário 1, montado de acordo com a realidade do Bairro em estudo, apresenta o terceiro melhor resultado dentre os quatro Cenários. Resultado este que demonstra que os afastamentos utilizados nos planos diretores da maioria das cidades brasileiras são pequenos. A ampliação destes afastamentos, como na proposta dos cenários 3 e 4, cujos lotes são maiores (420m²), otimiza a produção de energia solar fotovoltaica.

O que se depreendeu dos resultados obtidos é que é mais indicada a implantação do sistema de energia solar fotovoltaica na cobertura, sendo a tecnologia de painéis de silício (mono cristalino) a que mais produz energia solar fotovoltaica.

No caso das fachadas, a única que tem um percentual significativo de insolação é a fachada Norte, tendo as outras fachadas percentual insignificante de insolação. Fato este, decorrente do excesso de sombreamento provocado pelas edificações do entorno.

Durante o processo de levantamento de dados, surgiram novas possibilidades de pesquisa, sendo uma delas a análise do sombreamento das fachadas das edificações do entorno, tendo em vista a variação dos parâmetros urbanísticos de afastamentos laterais, de fundo e frontais e, ainda, a altura das edificações.

Em atendimento ao que foi exposto pelos autores que expressam o que existe de estudos relacionados ao objeto de pesquisa em questão, este pode vir a auxiliar em futuros trabalhos sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ASSIS Eleonora Sad de; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; RAMOS, Jussara Grosch Ludgero; COIMBRA, Valesca Brandão Cerqueira; COSTA, Stael de Alvarenga Pereira. Integração Do Conceito de Envelope Solar Na Legislação Urbana Para Economia De Energia No Setor Residencial. **II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética**. Vitória/Espírito Santo/Brasil. Associação Brasileira de Eficiência Energética. Rio de Janeiro, Outubro/2014.

BIANCHETTI, Mara. Fábrica de filmes fotovoltaicos é inaugurada em Belo Horizonte. In: **Diário do Comércio**, 11/11/2015. Disponível em: <http://www.sunew.com.br/noticias/10-inovacao/13-fabrica-de-filmes-fotovoltaicos-e-inaugurada-em-belo-horizonte>. Acesso em: 22 set 2017.

BUARQUE, Sérgio C. **Metodologia E Técnicas de Construção De Cenários Globais E Regionais**. Brasília: IPEA, fevereiro de 2003.

DEA. Estudos de Demanda de Energia. Nota Técnica DEA 13 – 14. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. NOTA TÉCNICA EPE. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. In: **EPE**, Rio de Janeiro, Maio de 2012. Disponível em: [ww.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf](http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf). Acesso em: 3 jun 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. NOTA TÉCNICA DEA 19/14 Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. In: **EPE**, Rio de Janeiro, Outubro 2014. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20(Revisada).pdf). Acesso em: 3 jun 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. BEN - Balanço Energético Nacional 2016 - Ano Base 2015. In: **EPE**, Rio de Janeiro, Maio de 2016. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>. Acesso em: 3 jun 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população. In: **IBGE**, 2015. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm. Acesso em: 3 jun 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. In: **INMET**, 23/05/2005. Disponível em: www.inmet.gov.br . Acesso em: 3 jun 2016.

ITAUNA. Prefeitura Municipal de Itaúna. Índice Médio Pluviométrico. In: **Sistema de Informações sobre Rec. Hídricos**, 23/05/2005. Disponível em: www.hidricos.mg.gov.br/in.min.htm . Acesso em: 20 jan 2016.

ITAUNA. Lei 2197/1988. Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Itaúna. Itaúna: Prefeitura de Itaúna, 1988a.

ITAUNA. Lei 2198/1988. Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Itaúna. Itaúna: Prefeitura de Itaúna, 1988b.

LAMIN, Hugo. **Análise De Impacto Regulatório Da Implantação De Redes Inteligentes No Brasil**. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica. Departamento de Energia Elétrica. Faculdade de Tecnologia . Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PSR. *Payment Systems Regulator. Market Reviews, Marting Studies and Market investigation references*. A guide to the PRS's powers and procedures, pdf. August 2015. SR_PS15_2.2_Markets_Guidance.pdf. Acesso em: 3 mai 2017

PVSYST. *Photovoltaic Software*. In: **PVsynt. Photovoltaic Software**, 2012. Disponível em: <http://www.pvsyst.com/en/software/download>. Acesso em: 19 mai 2017.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis : LABSOLAR, 2004.

SALAMONI, Isabel Tourinho. **Metodologia para cálculo de geração fotovoltaica em áreas urbanas aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte**. Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC – Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANYO SOLAR. Sanyo Solar Panels. In: **Solar Electric Suply, Inc.**, 2017. Disponível em: <http://www.sanyo.com/industrial/solar/>. Acesso em: 8 fev 2017.

SKETCHUP – Pro 2016. Software de modelagem 3D. In: **SketchUp**, 2016. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR> Acesso em: 20 jan 2016.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**. Planejamento e Métodos. 2ª Edição. Porto Alegre: Bukman, 2001.

APÊNDICE

Este Apêndice é composto de:

- 1 - Quadros 1 a 8 - Imagens das Maquetes 1, 2, 3 e 4, nos Solstícios e Equinócios;
- 2 - Tabelas 1 a 10 – Cálculo Área de Insolação;
- 3 - Figuras 1 a 16 – Simulação PvSyst da produção de energia solar fotovoltaica;
- 4- Tabelas 11 a 15 – Médias mensais e anuais de produção de energia solar fotovoltaica.

1 - Quadros 1 a 8 - Imagens das Maquetes 1, 2, 3, e 4, nos Solstícios e Equinócios

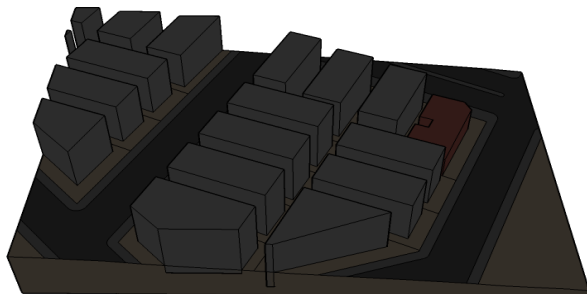
Nos quadros de 1 a 8 estão inseridas as imagens obtidas nas ações realizadas de simulação da trajetória solar, sendo considerada a posição do sol em intervalos horários das 6 às 19 horas, nos solstícios e equinócios.

É importante observar a área de sombreamento e insolação representados nas imagens, que fornecem dados para a escolha do local mais indicado de implantação do SFCR.

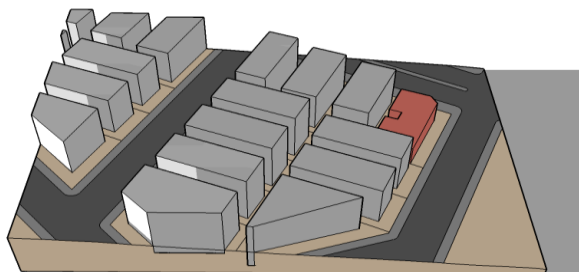
A seguir estão relacionadas as 224 imagens produzidas para a análise neste processo de simulação.

Quadro 1 – Maquete 1 – Equinócio de Outono e Primavera

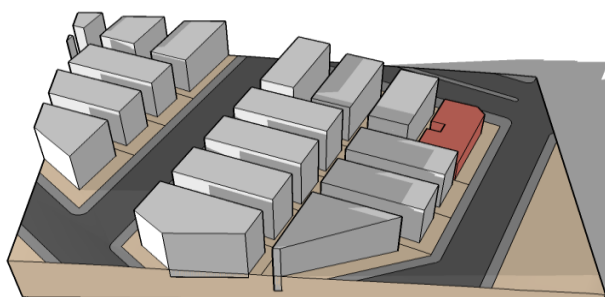
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 6hs



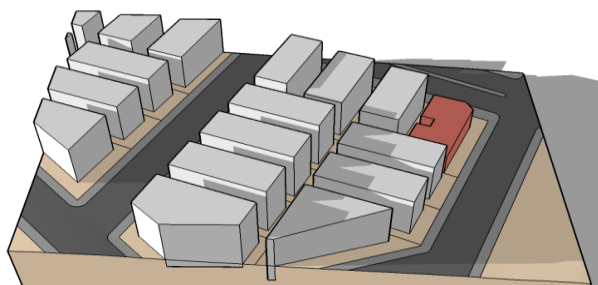
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 6hs



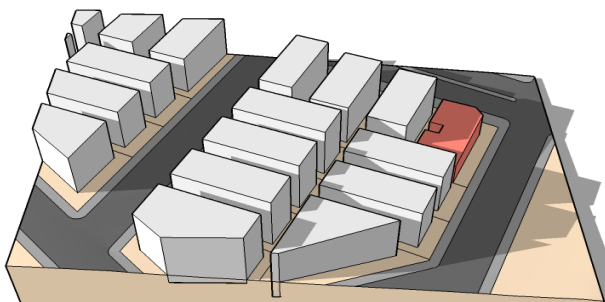
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 7hs



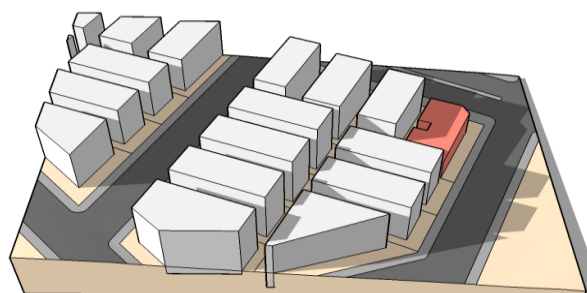
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 7hs



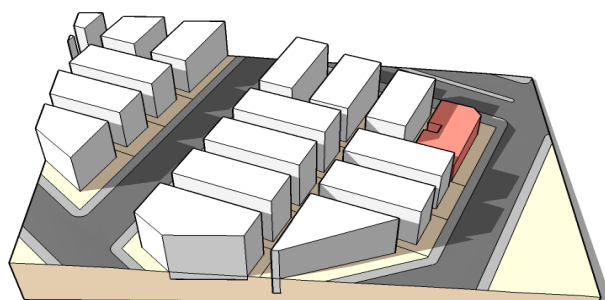
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 8hs



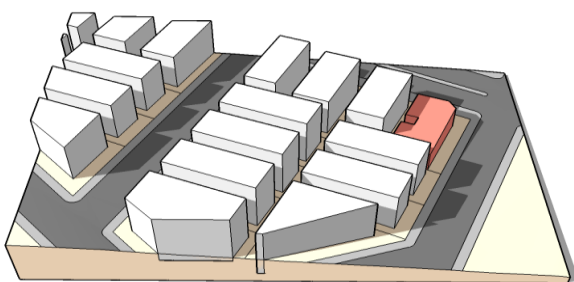
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 8hs



Maquete 1 - Equinócio de Outono - 9hs



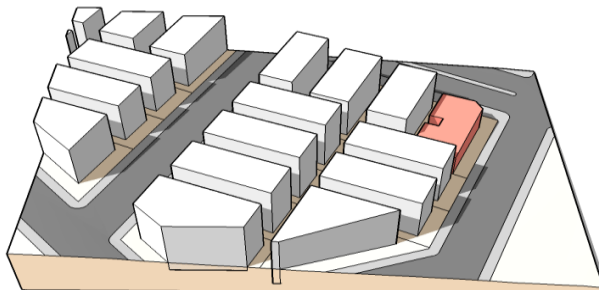
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 9hs



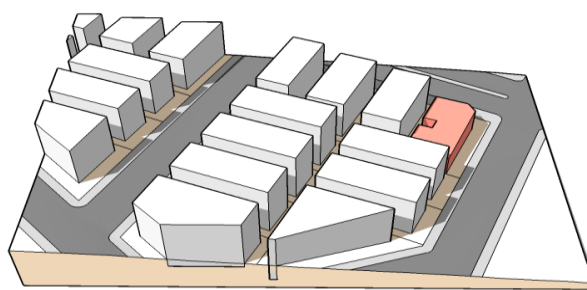
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 1 – Maquete 1 – Equinócio de Outono e Primavera

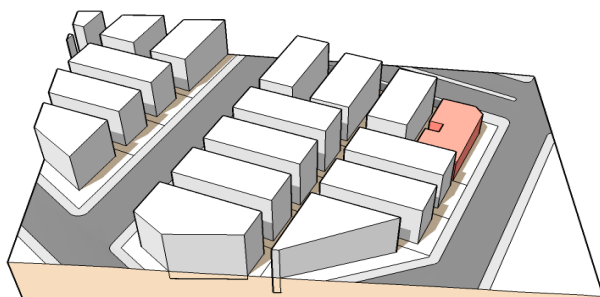
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 10hs



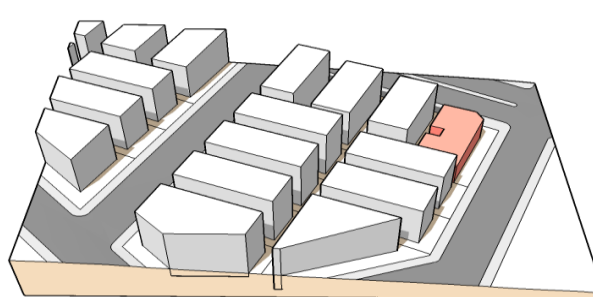
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 10hs



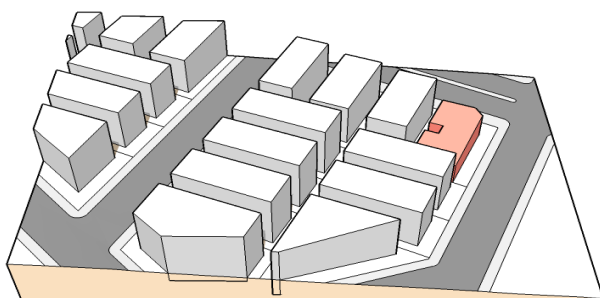
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 11hs



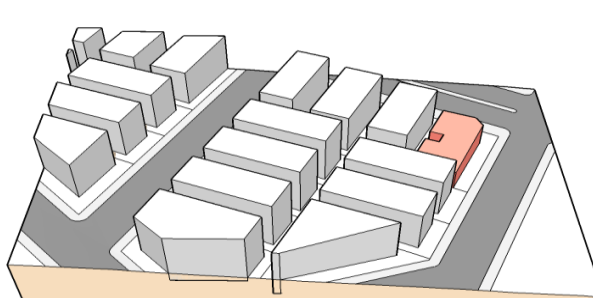
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 11hs



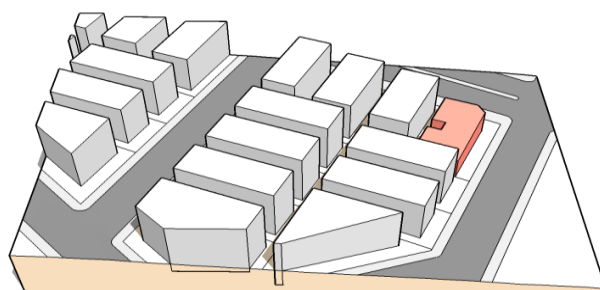
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 12hs



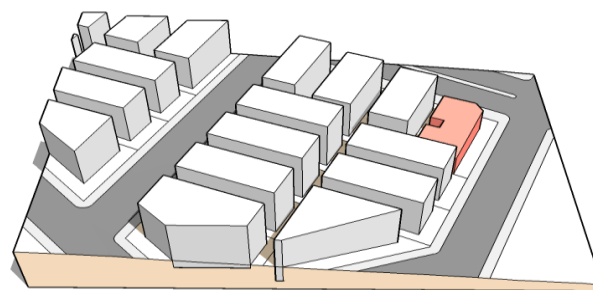
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 12hs



Maquete 1 - Equinócio de Outono - 13hs



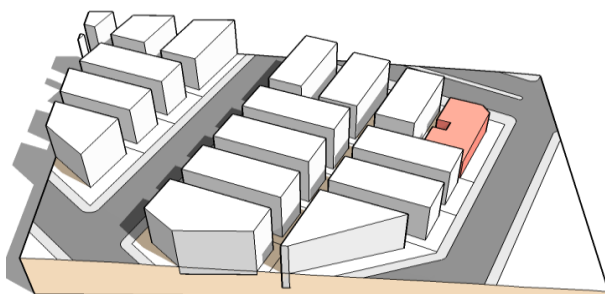
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 13hs



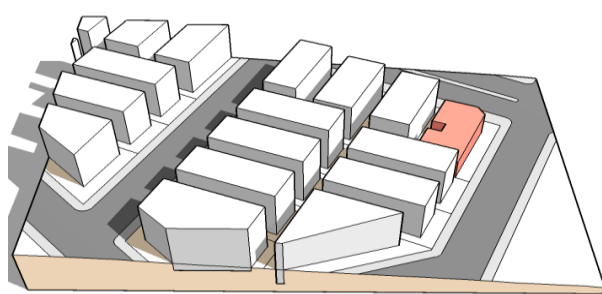
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 1 – Maquete 1 – Equinócio de Outono e Primavera

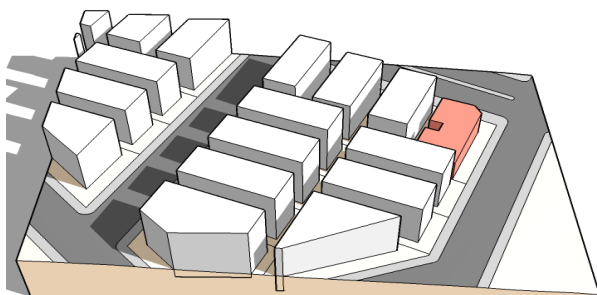
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 14hs



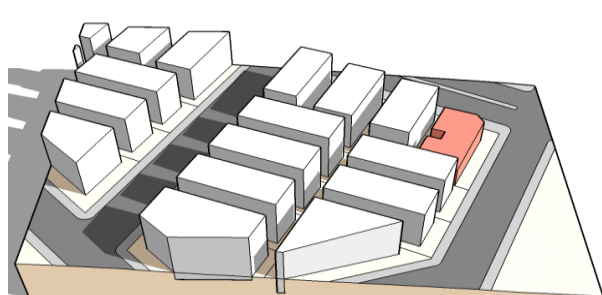
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 14hs



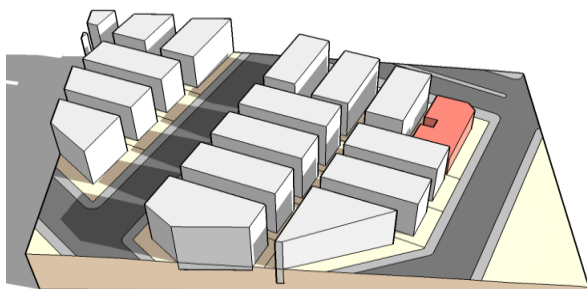
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 15hs



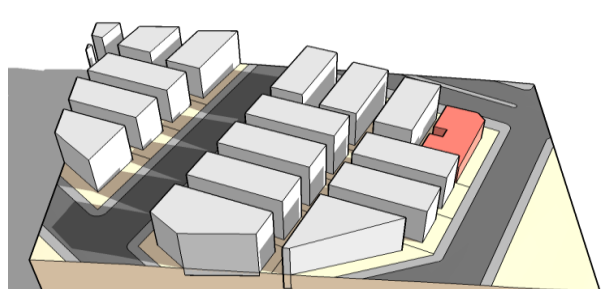
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 15hs



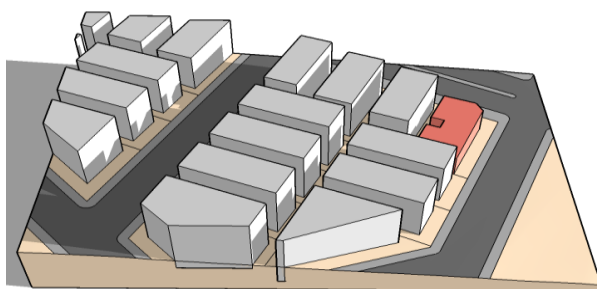
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 16hs



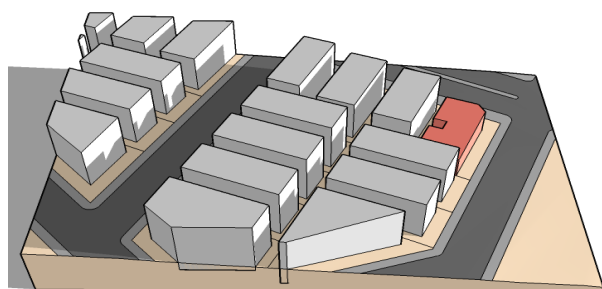
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 16hs



Maquete 1 - Equinócio de Outono - 17hs



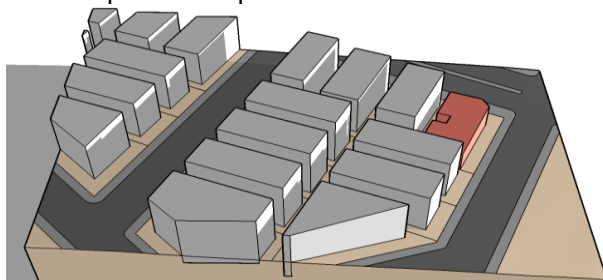
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 17hs



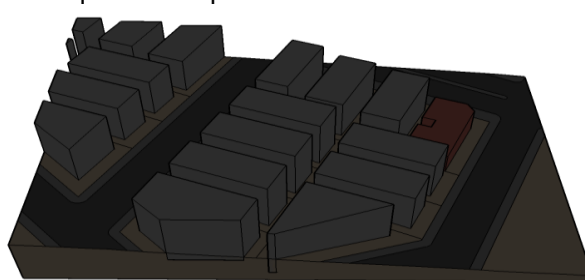
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 1 – Maquete 1 – Equinócio de Outono e Primavera

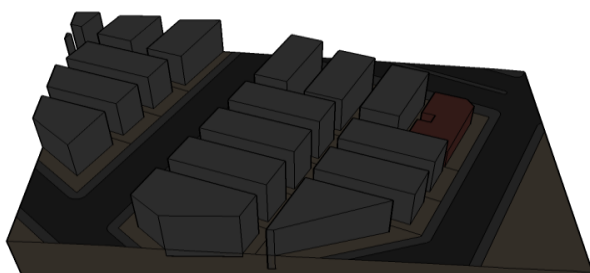
Maquete 1 - Equinócio de Outono - 18hs



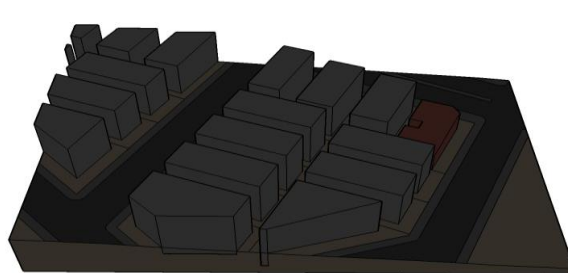
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 18hs



Maquete 1 - Equinócio de Outono - 19hs



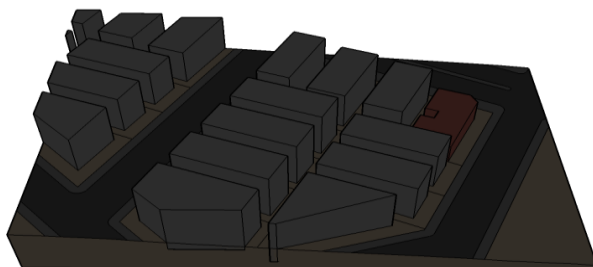
Maquete 1 - Equinócio de Primavera - 19hs



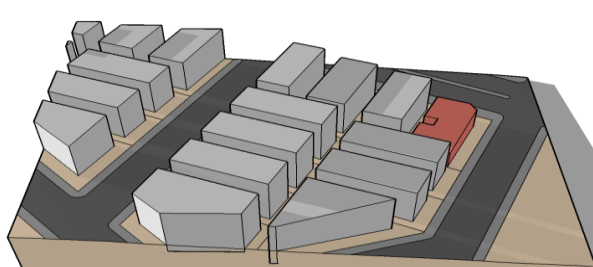
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 2 – Maquete 1 – Solstício de Inverno e Verão

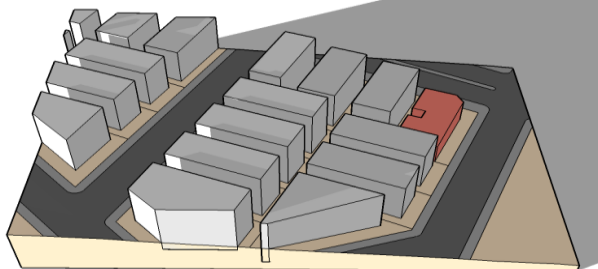
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 6hs



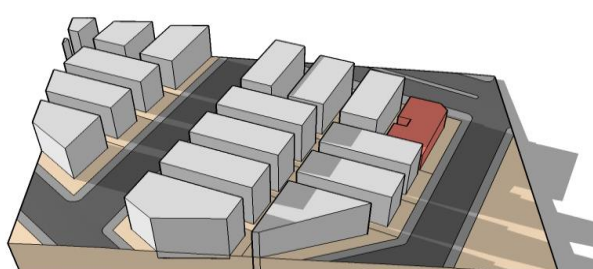
Maquete 1 - Solstício de Verão - 6hs



Maquete 1 - Solstício de Inverno - 7hs



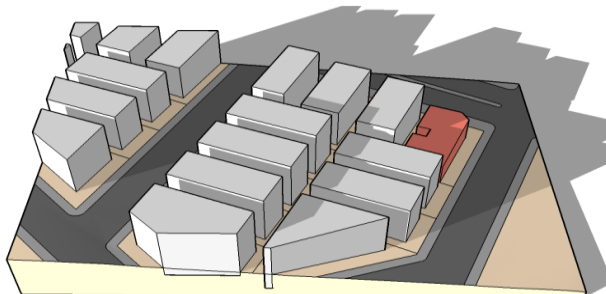
Maquete 1 - Solstício de Verão - 7hs



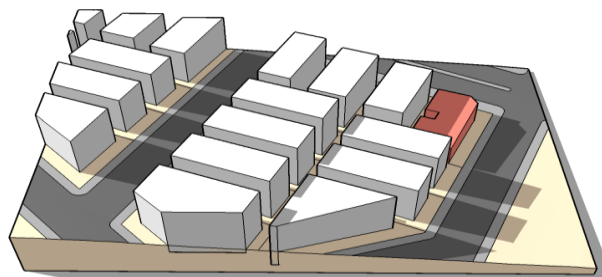
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 2 – Maquete 1 – Solstício de Inverno e Verão

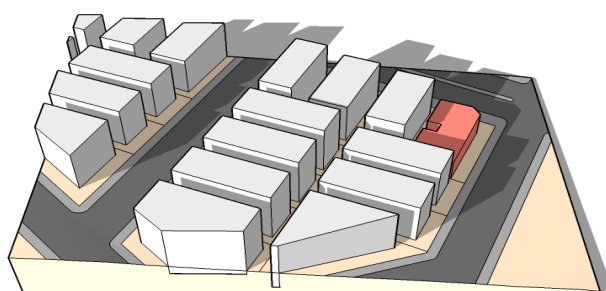
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 8hs



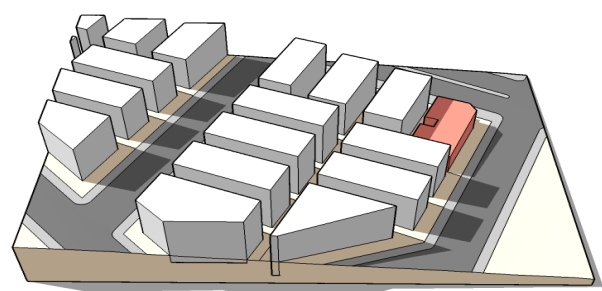
Maquete 1 - Solstício de Verão - 8hs



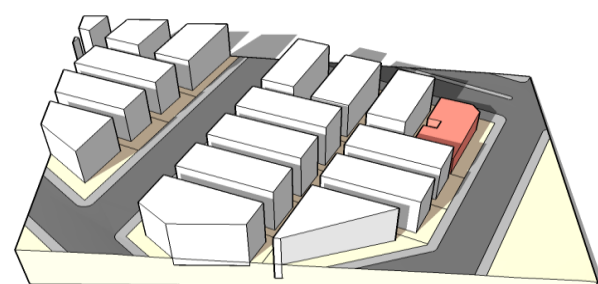
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 9hs



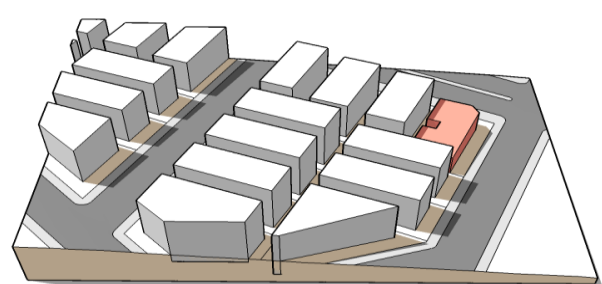
Maquete 1 - Solstício de Verão - 9hs



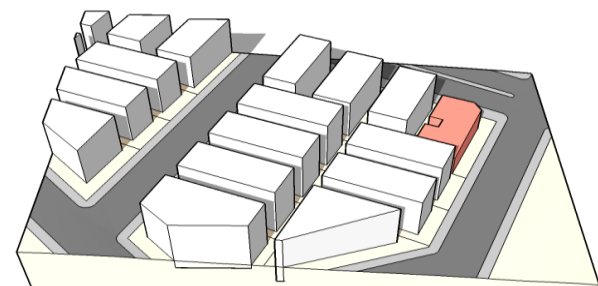
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 10hs



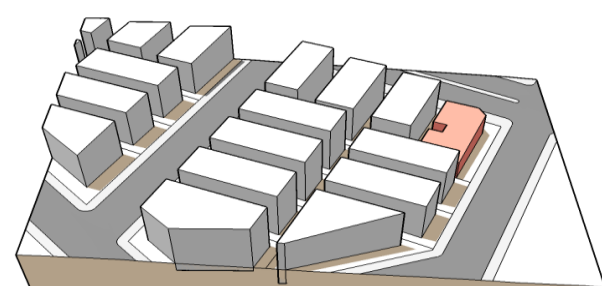
Maquete 1 - Solstício de Verão - 10hs



Maquete 1 - Solstício de Inverno - 11hs



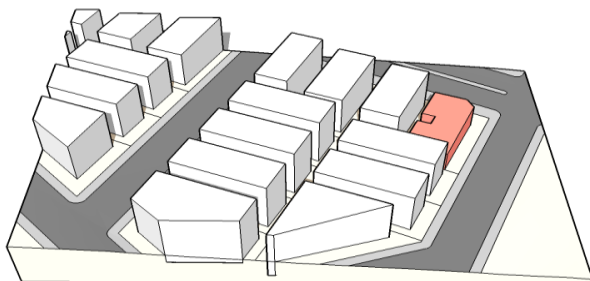
Maquete 1 - Solstício de Verão - 11hs



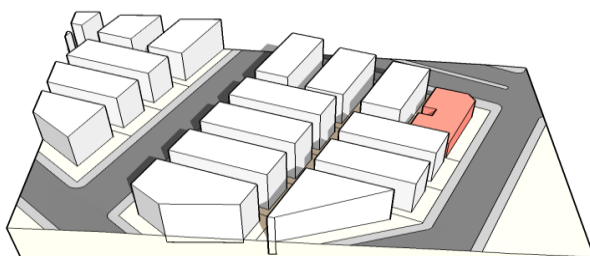
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 2 – Maquete 1 – Solstício de Inverno e Verão

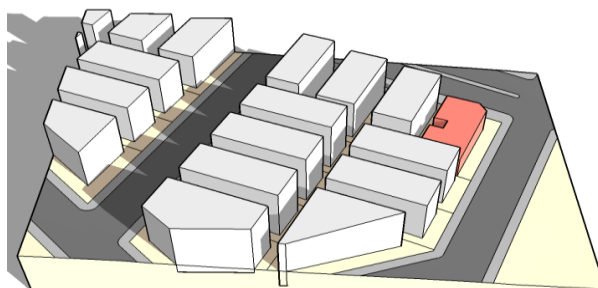
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 12hs



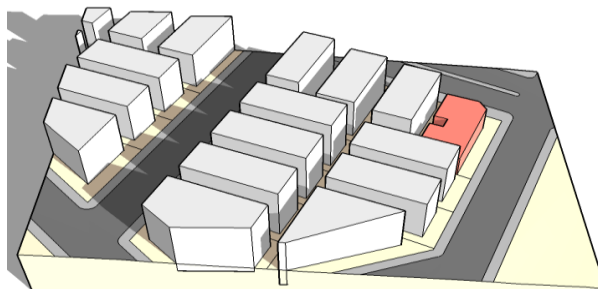
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 13hs



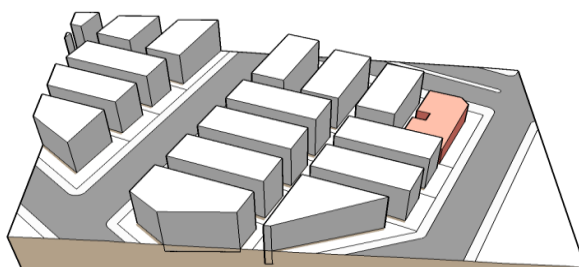
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 14hs



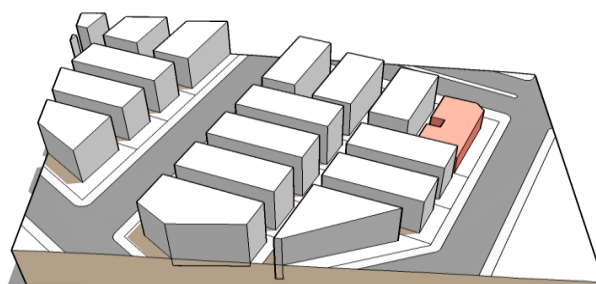
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 15hs



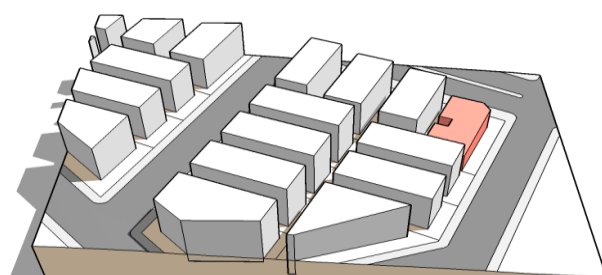
Maquete 1 - Solstício de Verão - 12hs



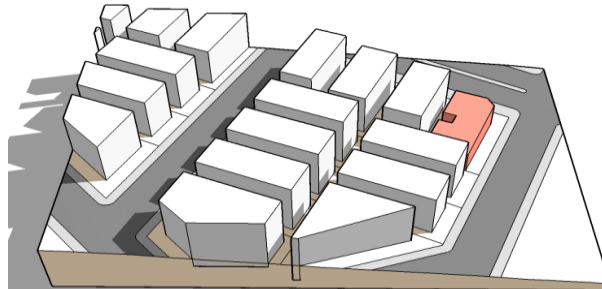
Maquete 1 - Solstício de Verão - 13hs



Maquete 1 - Solstício de Verão - 14hs



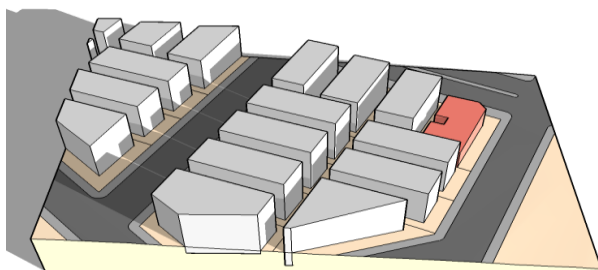
Maquete 1 - Solstício de Verão - 15hs



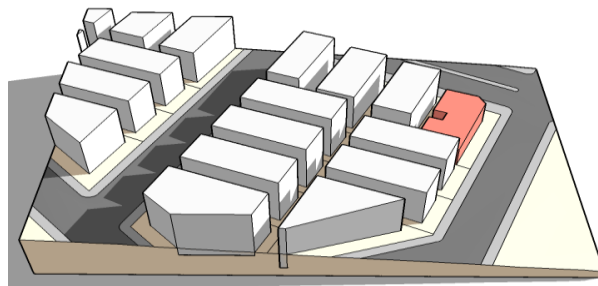
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 2 – Maquete 1 – Solstício de Inverno e Verão

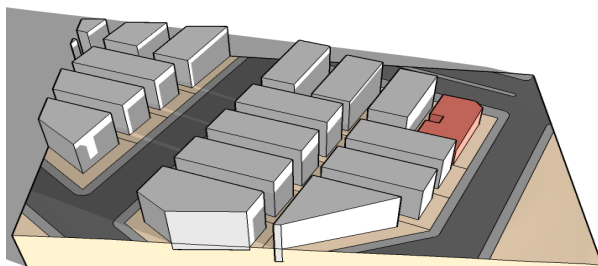
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 16hs



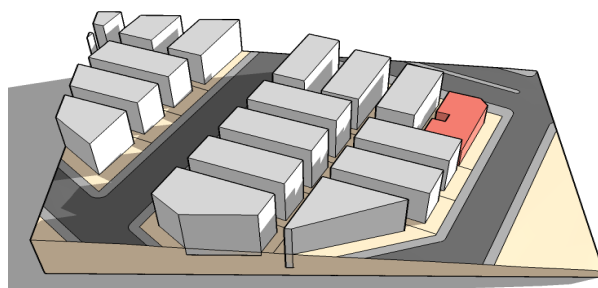
Maquete 1 - Solstício de Verão - 16hs



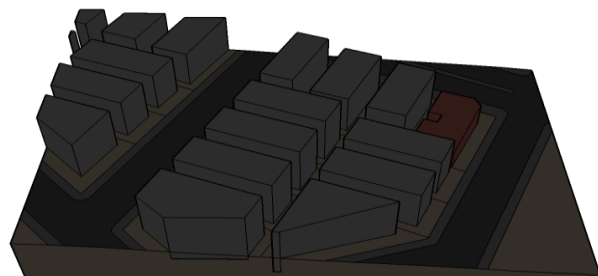
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 17hs



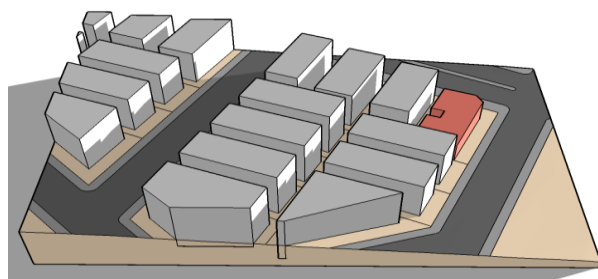
Maquete 1 - Solstício de Verão - 17hs



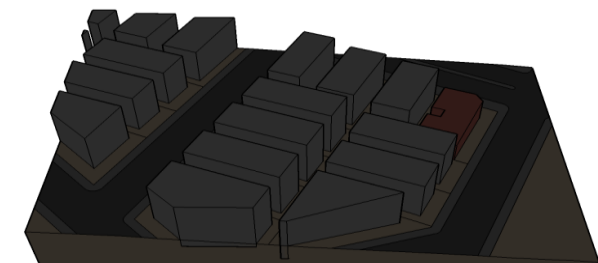
Maquete 1 - Solstício de Inverno - 18hs



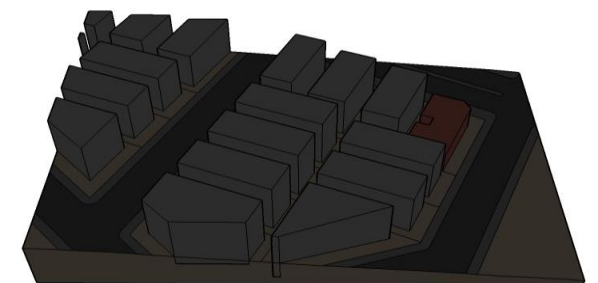
Maquete 1 - Solstício de Verão - 18hs



Maquete 1 - Solstício de Inverno - 19hs



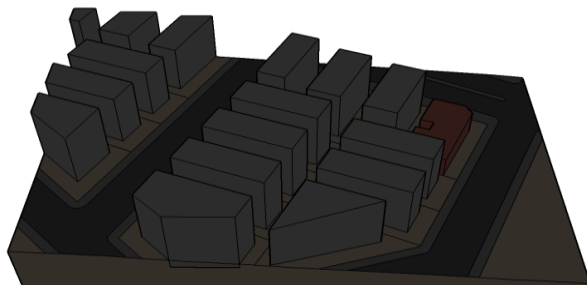
Maquete 1 - Solstício de Verão - 19hs



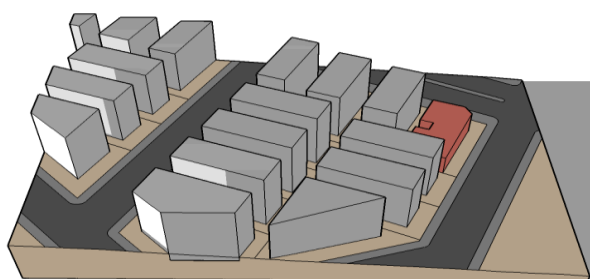
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 3 – Maquete 2 – Equinócio de Outono e Primavera

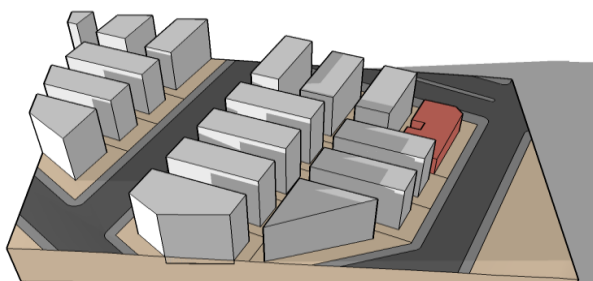
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 6hs



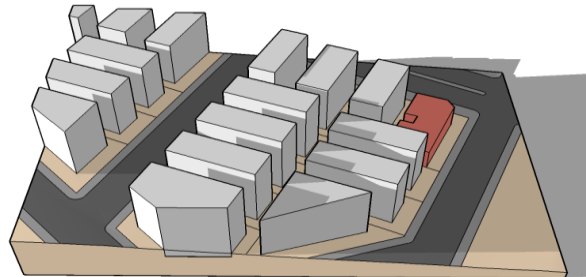
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 6hs



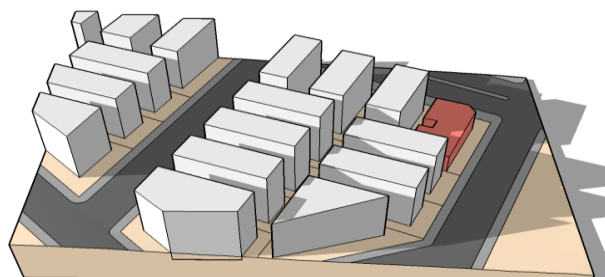
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 7hs



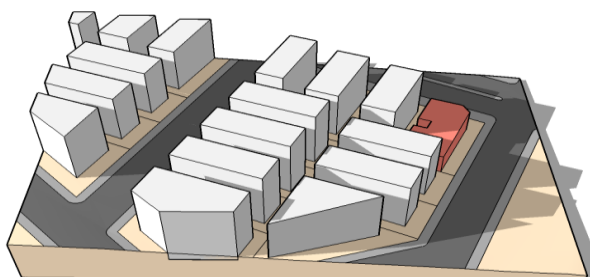
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 7hs



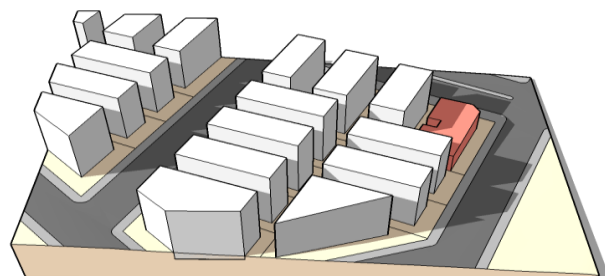
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 8hs



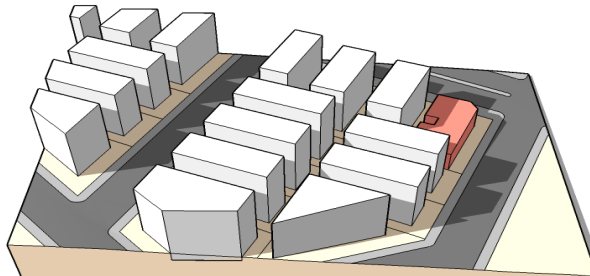
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 8hs



Maquete 2 - Equinócio de Outono - 9hs



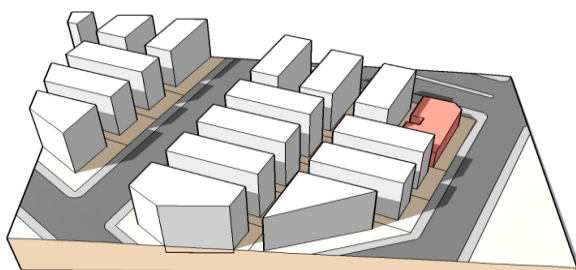
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 9hs



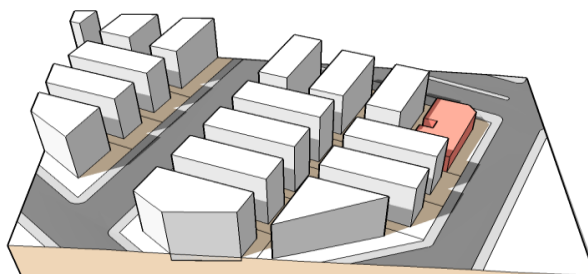
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 3 – Maquete 2 – Equinócio de Outono e Primavera

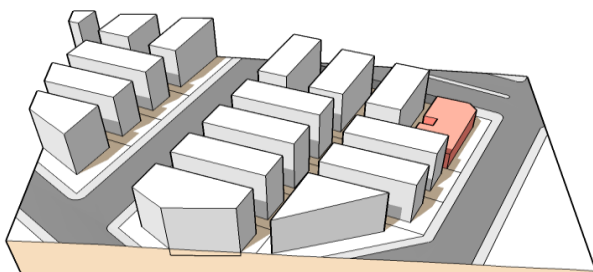
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 10hs



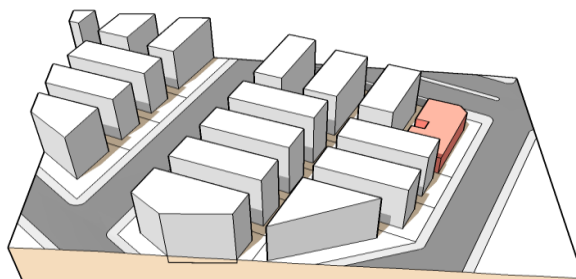
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 10hs



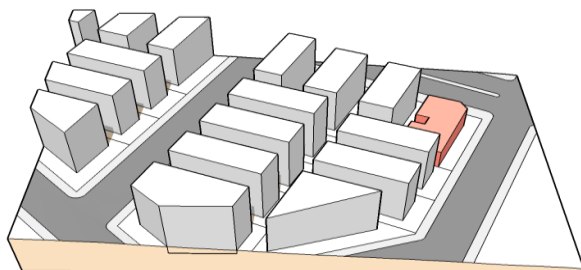
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 11hs



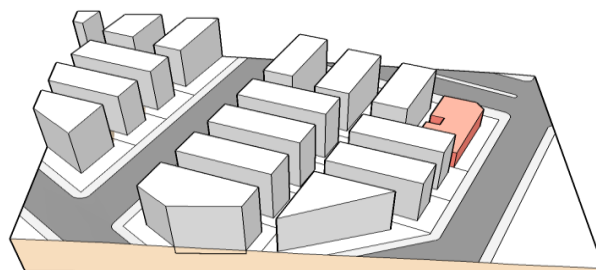
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 11hs



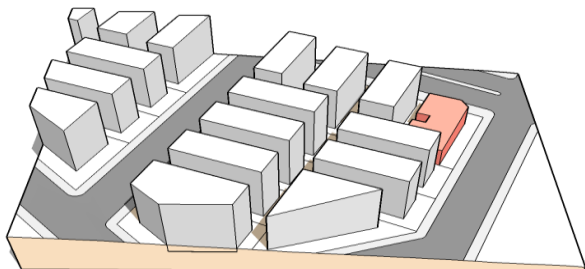
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 12hs



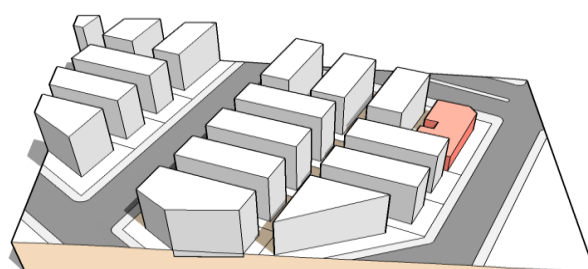
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 12hs



Maquete 2 - Equinócio de Outono - 13hs



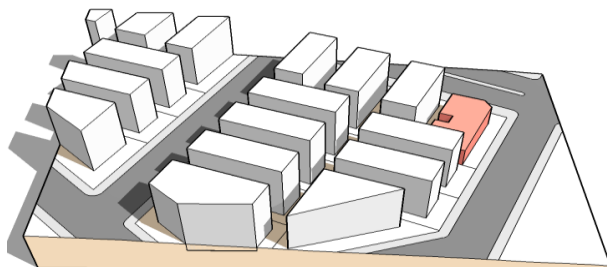
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 13hs



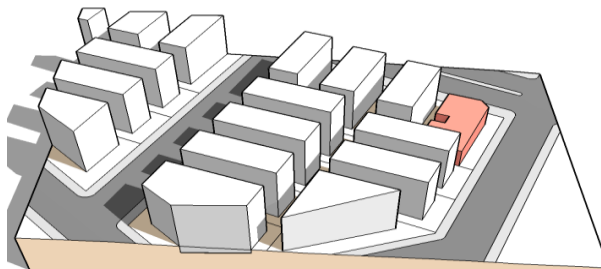
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 3 – Maquete 2 – Equinócio de Outono e Primavera

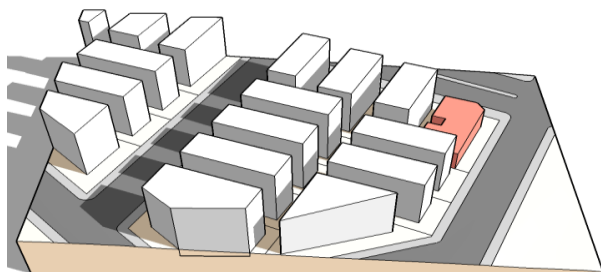
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 14hs



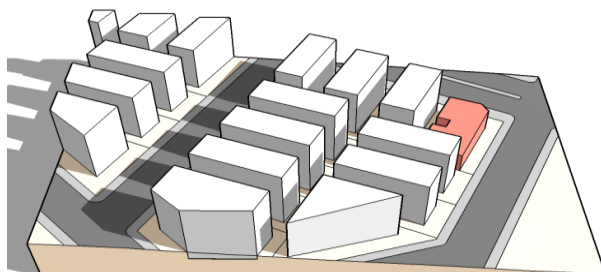
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 14hs



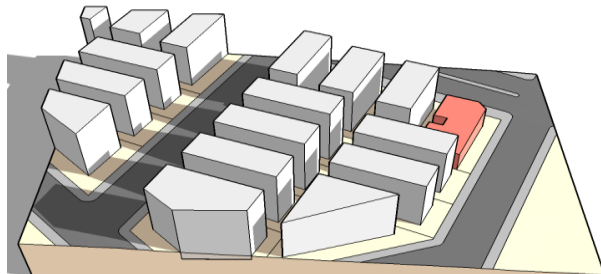
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 15hs



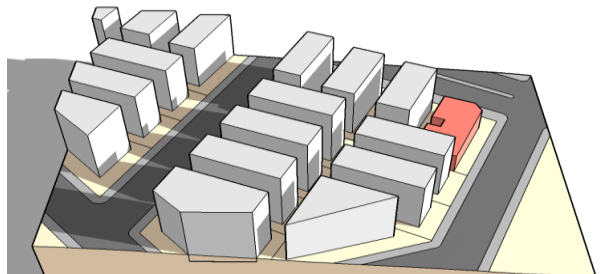
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 15hs



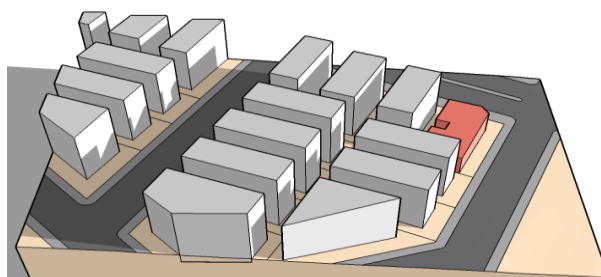
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 16hs



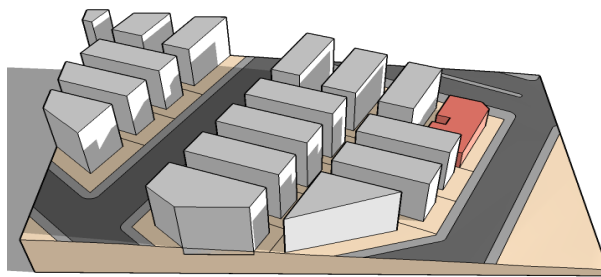
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 16hs



Maquete 2 - Equinócio de Outono - 17hs



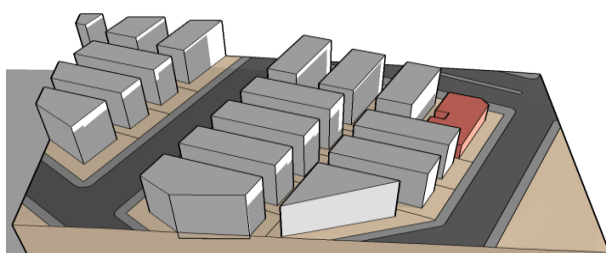
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 17hs



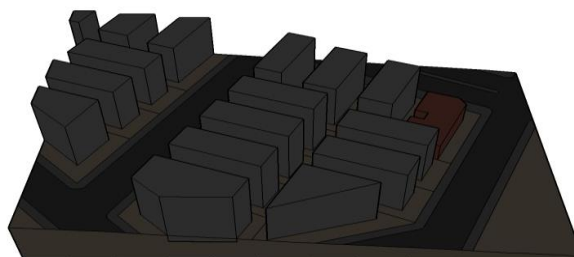
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 3 – Maquete 2 – Equinócio de Outono e Primavera

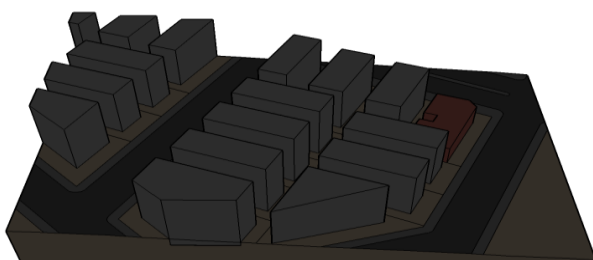
Maquete 2 - Equinócio de Outono - 18hs



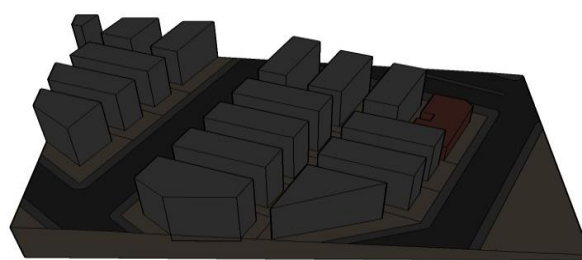
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 18hs



Maquete 2 - Equinócio de Outono - 19hs



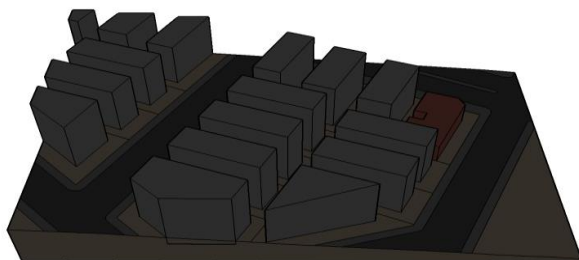
Maquete 2 - Equinócio de Primavera - 19hs



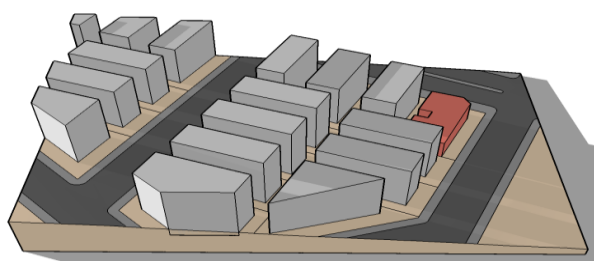
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 4 – Maquete 2 – Solstício de Inverno e de Verão

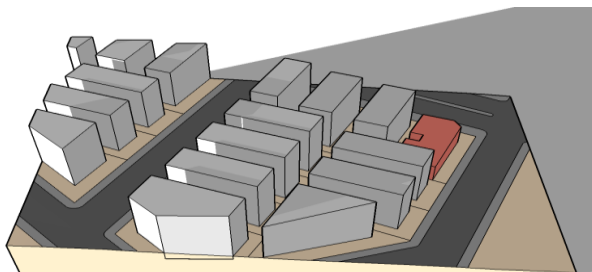
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 6hs



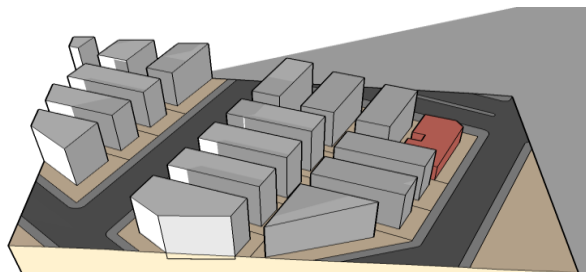
Maquete 2 - Solstício de Verão - 6hs



Maquete 2 - Solstício de Inverno - 7hs



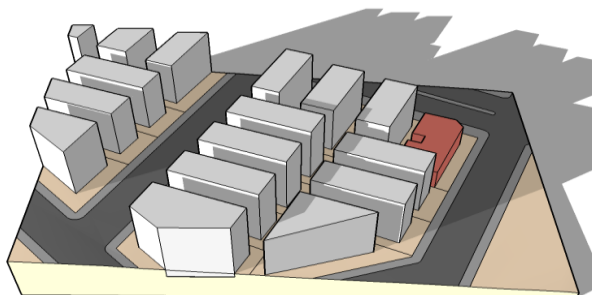
Maquete 2 - Solstício de Verão - 7hs



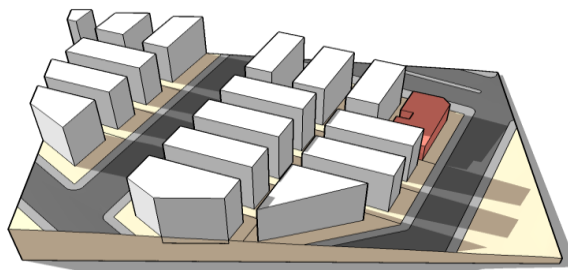
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 4 – Maquete 2 – Solstício de Inverno e de Verão

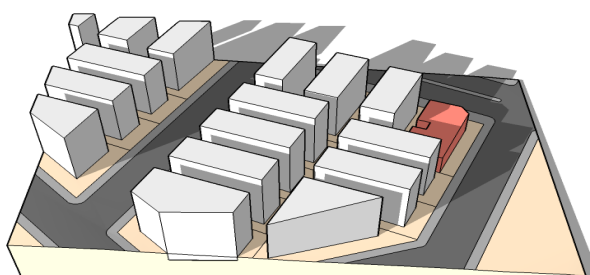
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 8hs



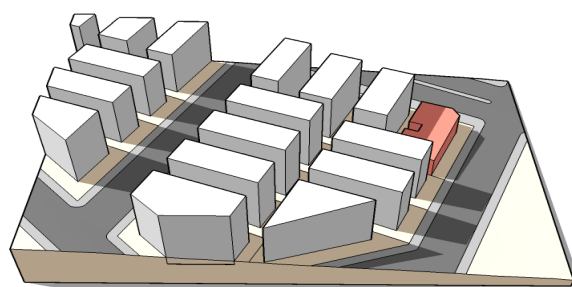
Maquete 2 - Solstício de Verão - 8hs



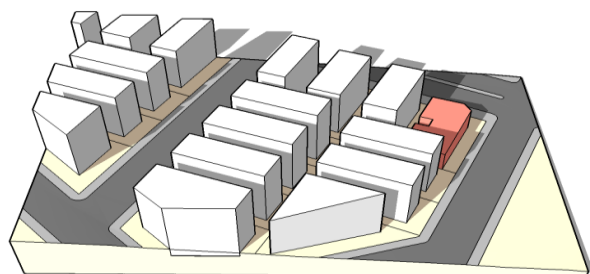
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 9hs



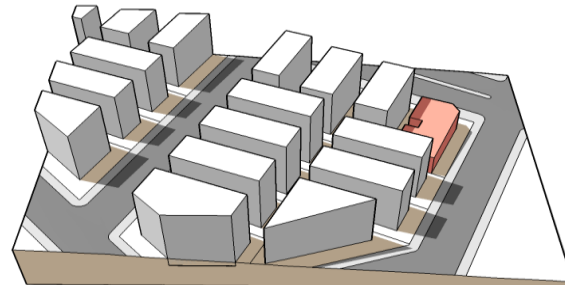
Maquete 2 - Solstício de Verão - 9hs



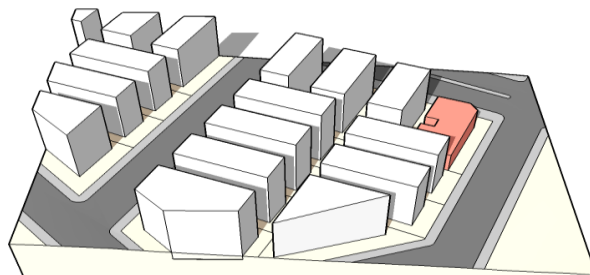
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 10hs



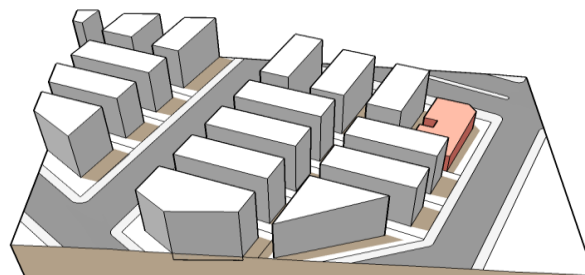
Maquete 2 - Solstício de Verão - 10hs



Maquete 2 - Solstício de Inverno - 11hs



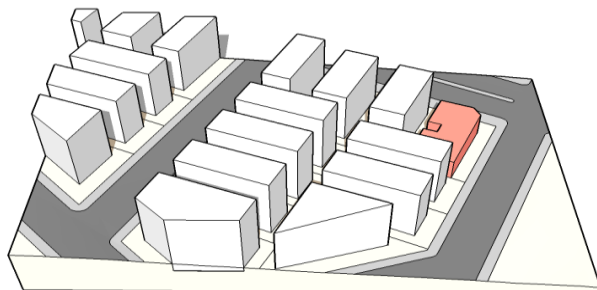
Maquete 2 - Solstício de Verão - 11hs



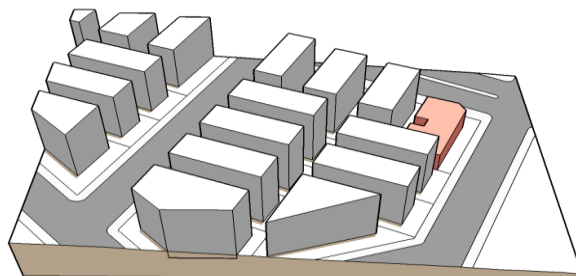
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 4 – Maquete 2 – Solstício de Inverno e de Verão

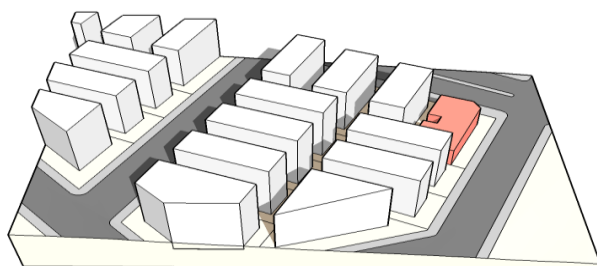
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 12hs



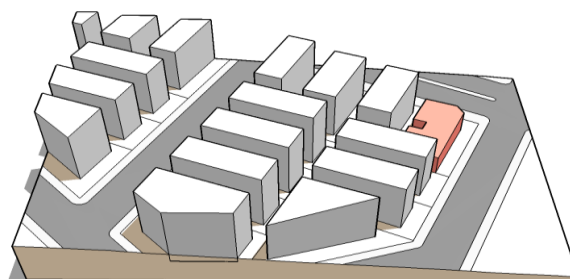
Maquete 2 - Solstício de Verão - 12hs



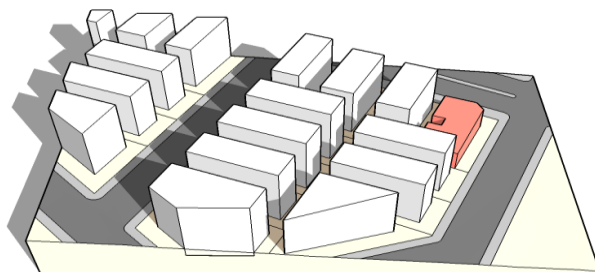
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 13hs



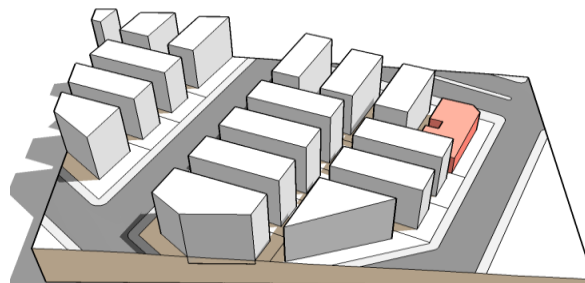
Maquete 2 - Solstício de Verão - 13hs



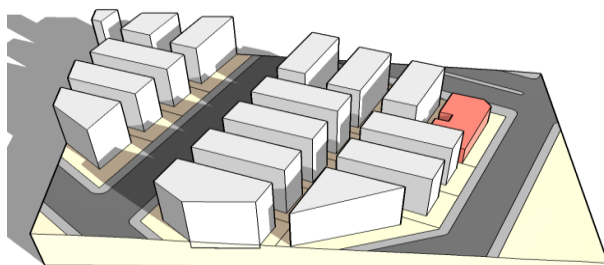
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 14hs



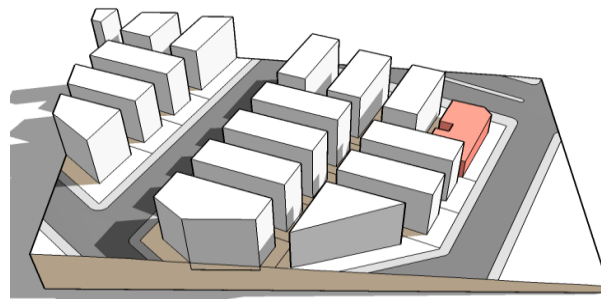
Maquete 2 - Solstício de Verão - 14hs



Maquete 2 - Solstício de Inverno - 15hs



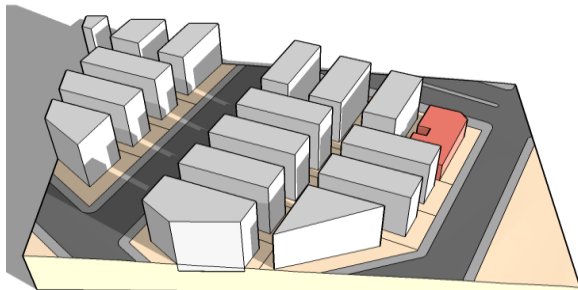
Maquete 2 - Solstício de Verão - 15hs



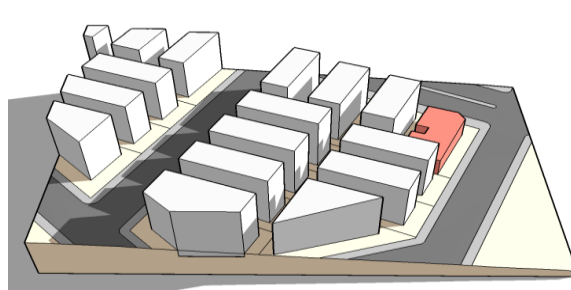
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 4 – Maquete 2 – Solstício de Inverno e de Verão

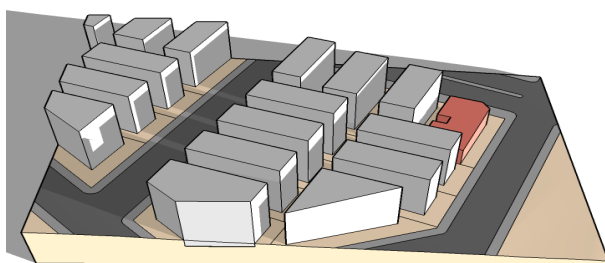
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 16hs



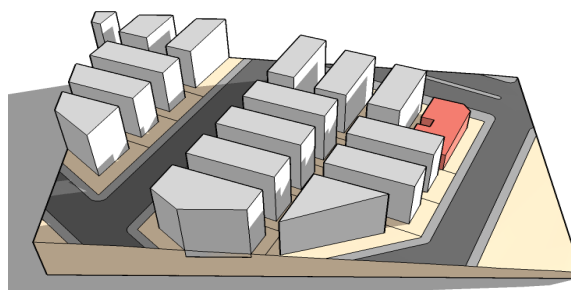
Maquete 2 - Solstício de Verão - 16hs



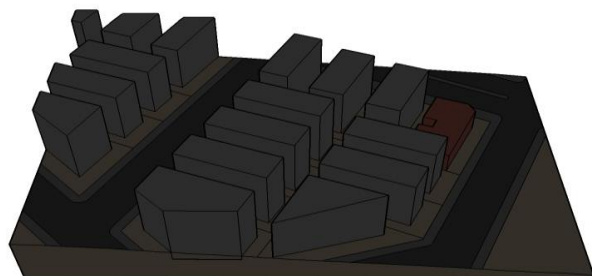
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 17hs



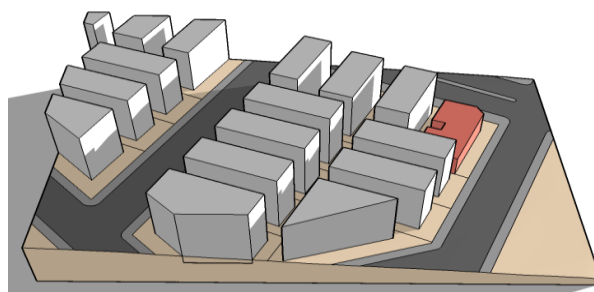
Maquete 2 - Solstício de Verão - 17hs



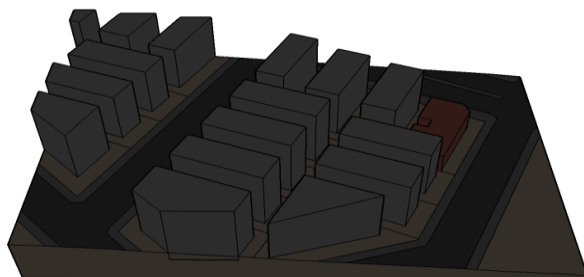
Maquete 2 - Solstício de Inverno - 18hs



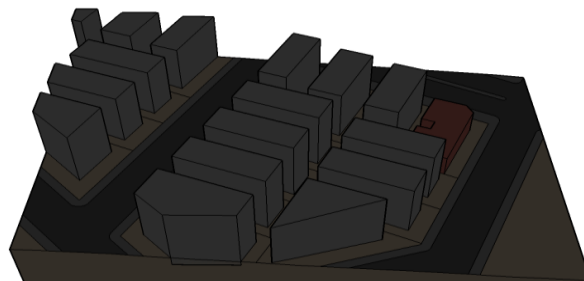
Maquete 2 - Solstício de Verão - 18hs



Maquete 2 - Solstício de Inverno - 19hs

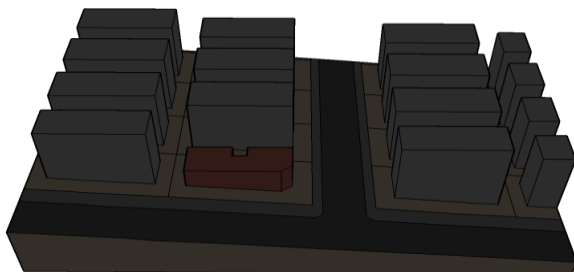


Maquete 2 - Solstício de Verão - 19hs

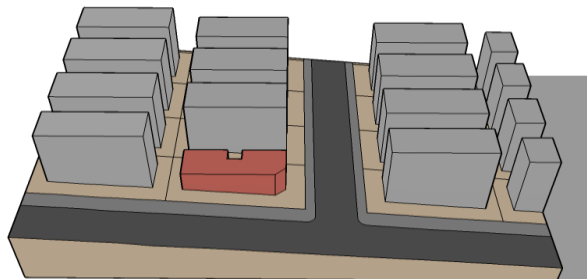


Quadro 5 – Maquete 3 – Equinócio de Outono e de Primavera

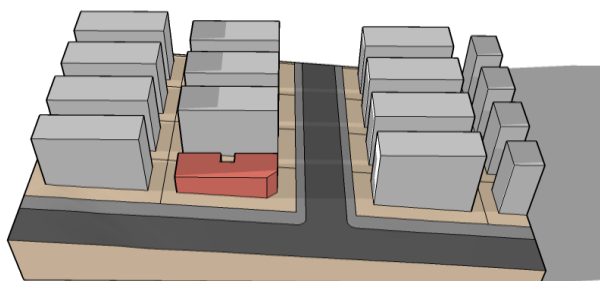
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 6hs



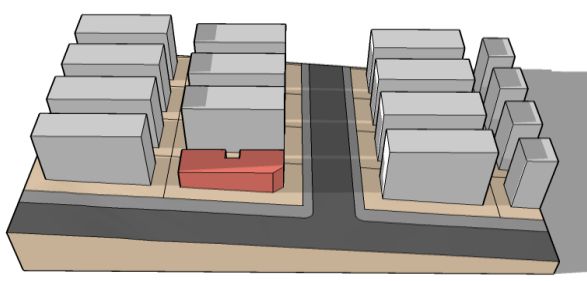
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 6hs



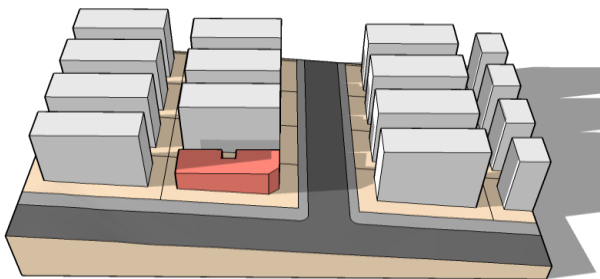
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 7hs



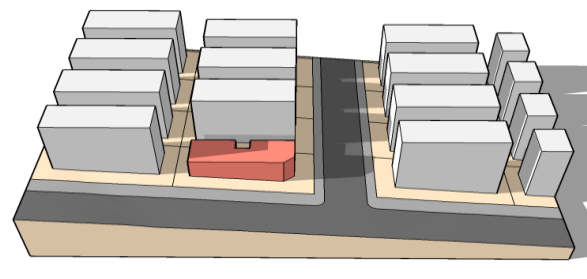
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 7hs



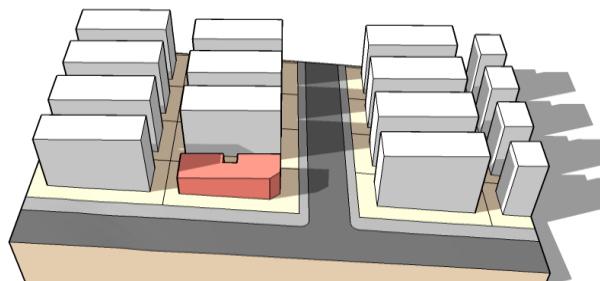
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 8hs



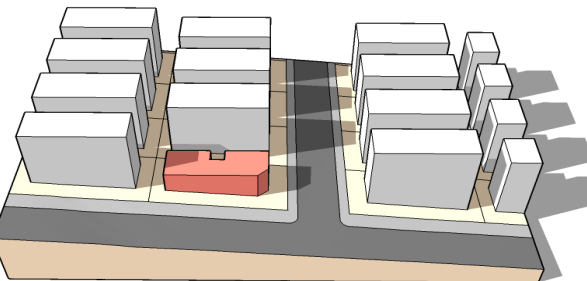
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 8hs



Maquete 3 - Equinócio de Outono - 9hs



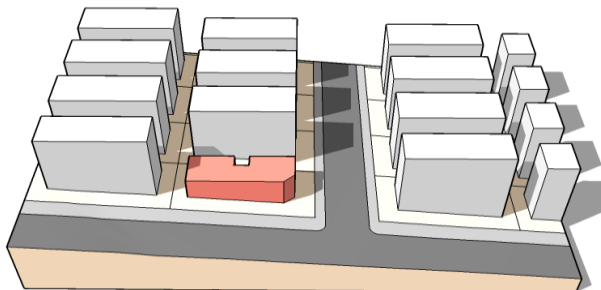
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 9hs



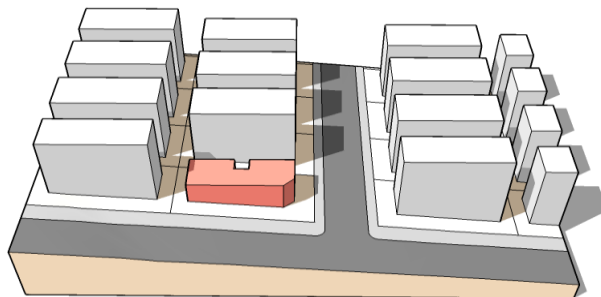
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 5 – Maquete 3 – Equinócio de Outono e de Primavera

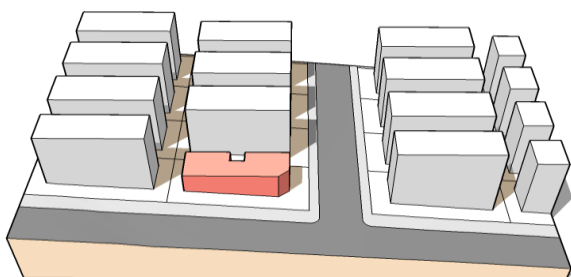
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 10hs



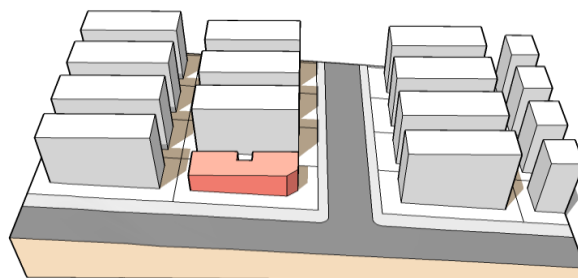
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 10hs



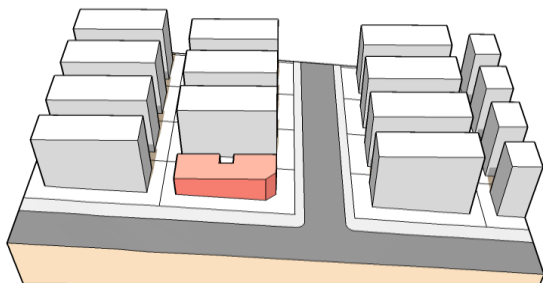
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 11hs



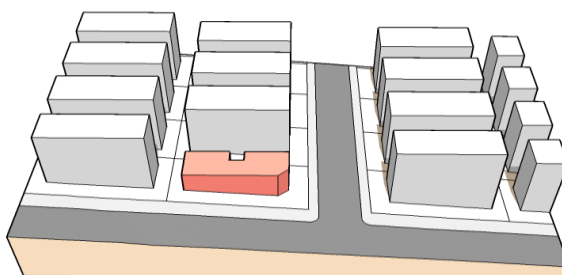
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 11hs



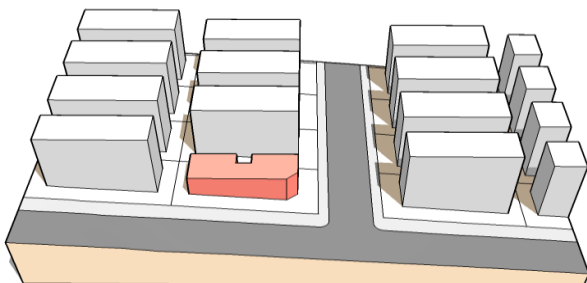
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 12hs



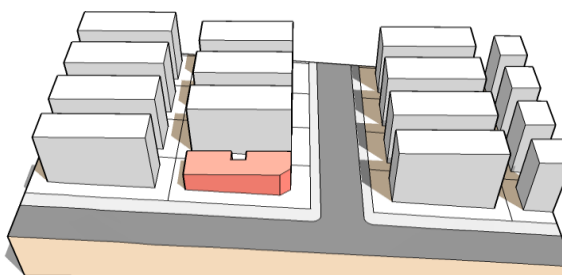
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 12hs



Maquete 3 - Equinócio de Outono - 13hs



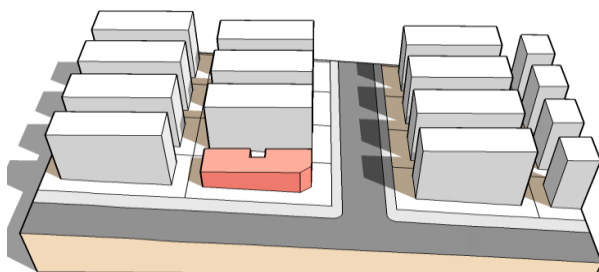
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 13hs



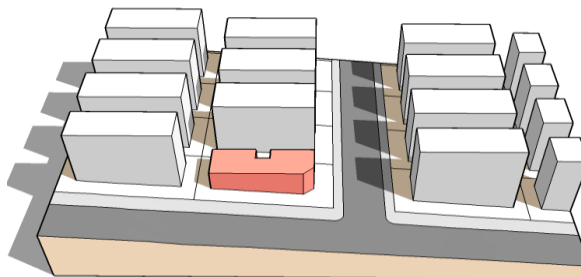
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 5 – Maquete 3 – Equinócio de Outono e de Primavera

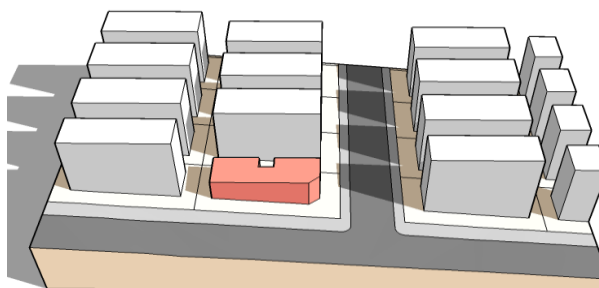
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 14hs



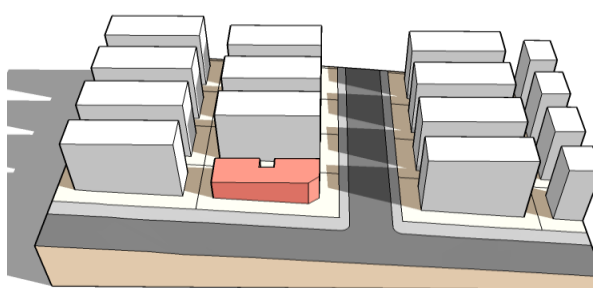
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 14hs



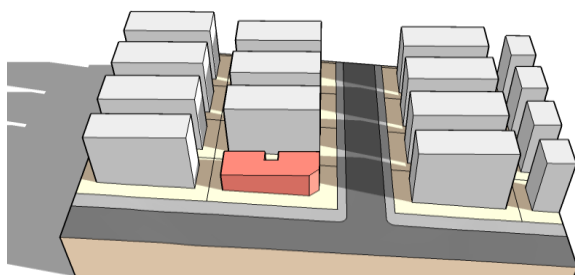
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 15hs



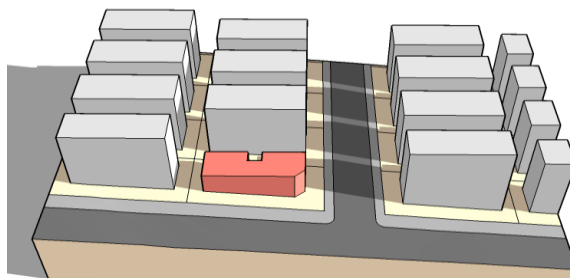
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 15hs



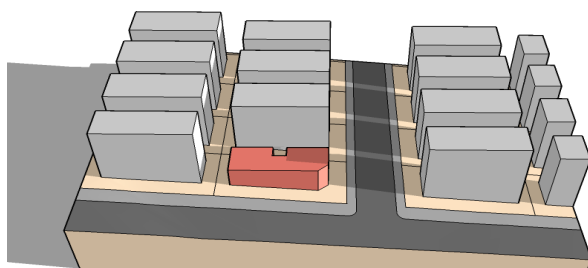
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 16hs



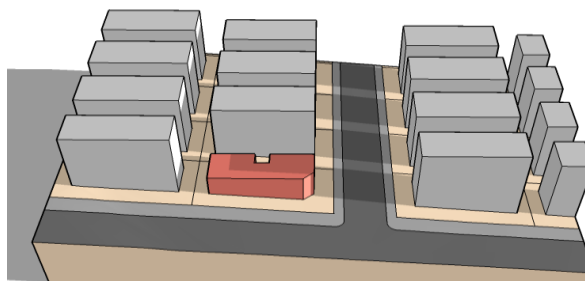
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 16hs



Maquete 3 - Equinócio de Outono - 17hs



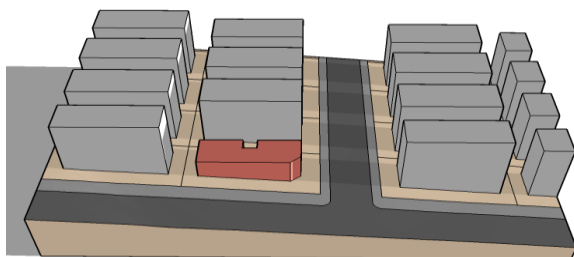
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 17hs



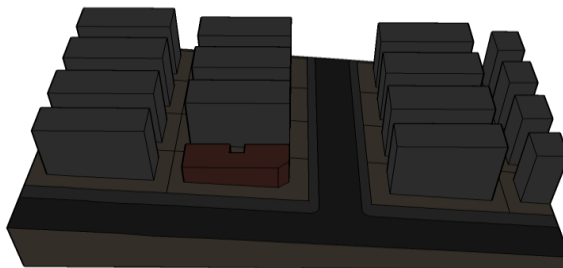
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 5 – Maquete 3 – Equinócio de Outono e de Primavera

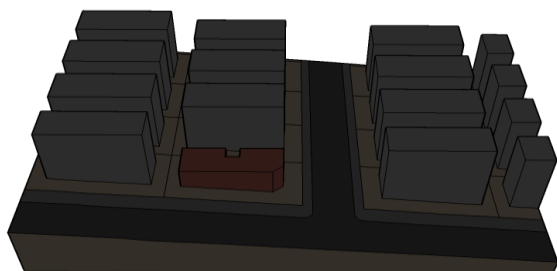
Maquete 3 - Equinócio de Outono - 18hs



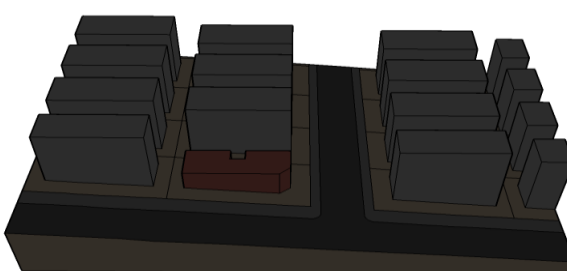
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 18hs



Maquete 3 - Equinócio de Outono - 19hs



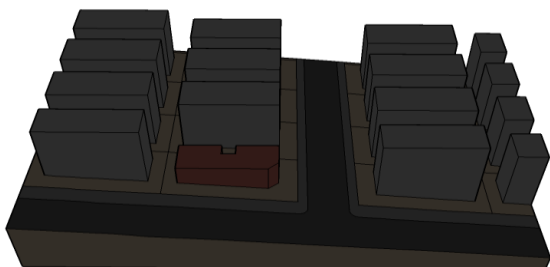
Maquete 3 - Equinócio de Primavera - 19hs



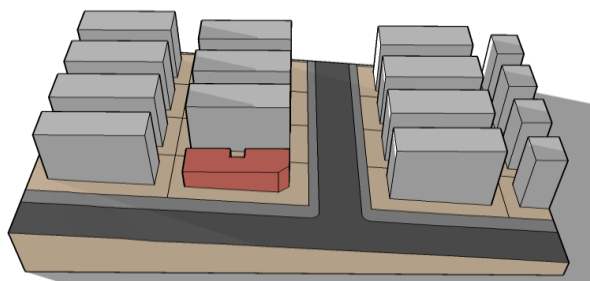
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 6 – Maquete 3 – Solstício de Inverno e de Verão

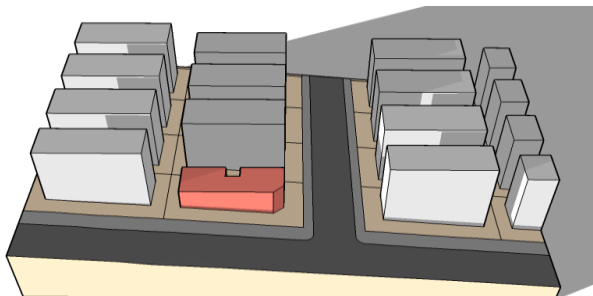
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 6hs



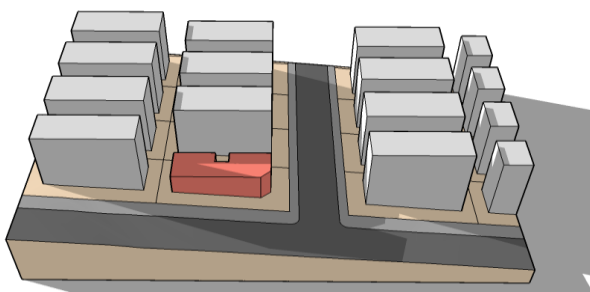
Maquete 3 – Solstício de Verão - 6hs



Maquete 3 - Solstício de Inverno - 7hs



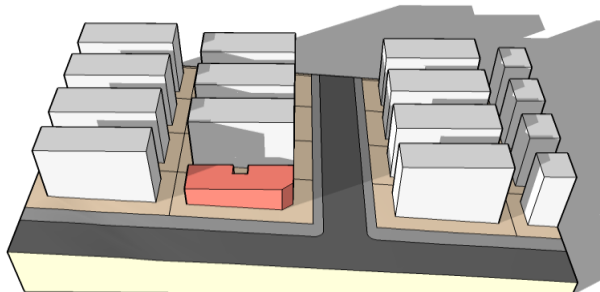
Maquete 3 – Solstício de Verão - 7hs



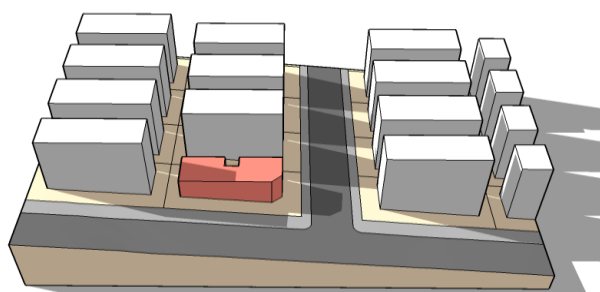
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 6 – Maquete 3 – Solstício de Inverno e de Verão

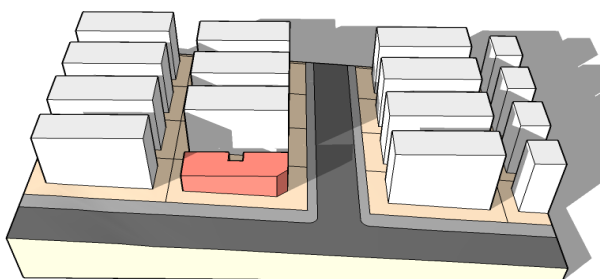
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 8hs



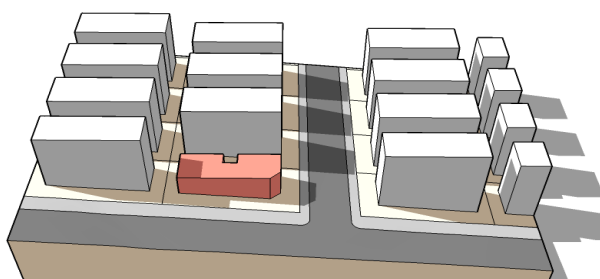
Maquete 3 - Solstício de Verão - 8hs



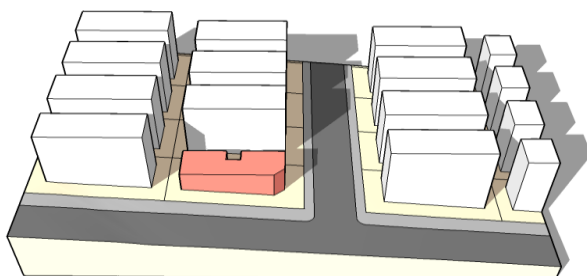
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 9hs



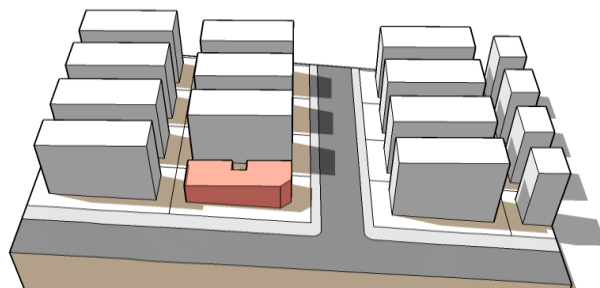
Maquete 3 - Solstício de Verão - 9hs



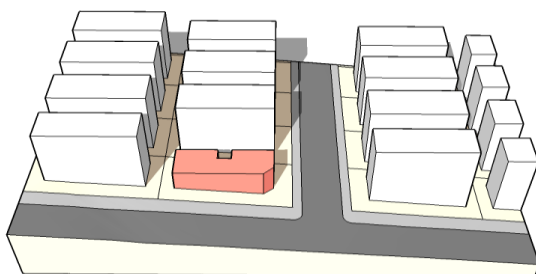
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 10hs



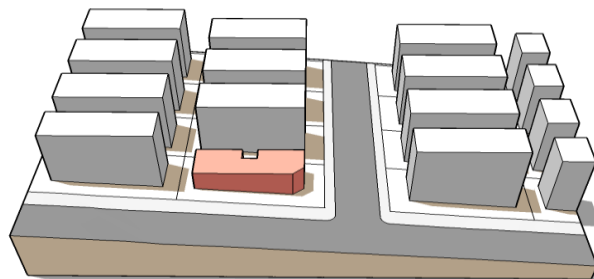
Maquete 3 - Solstício de Verão - 10hs



Maquete 3 - Solstício de Inverno - 11hs



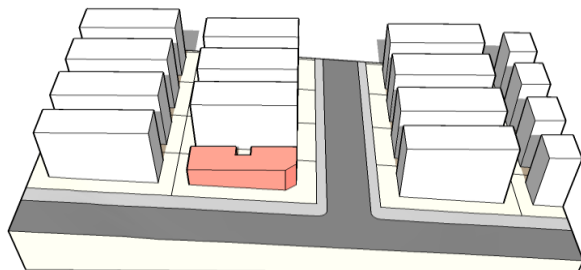
Maquete 3 - Solstício de Verão - 11hs



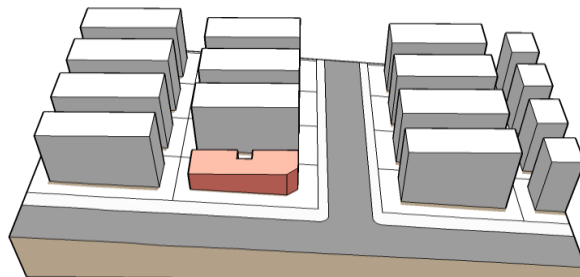
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 6 – Maquete 3 – Solstício de Inverno e de Verão

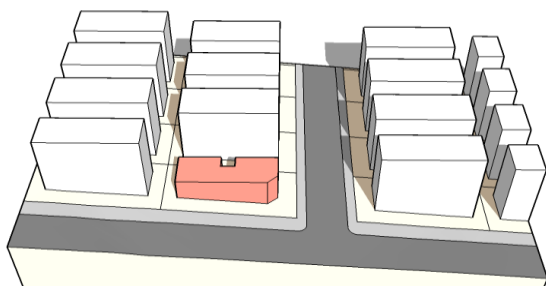
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 12hs



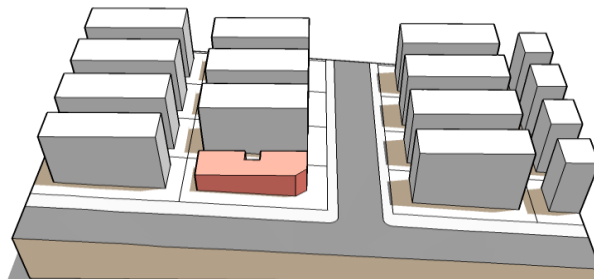
Maquete 3 – Solstício de Verão - 12hs



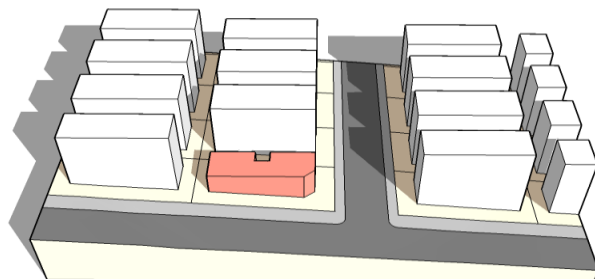
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 13hs



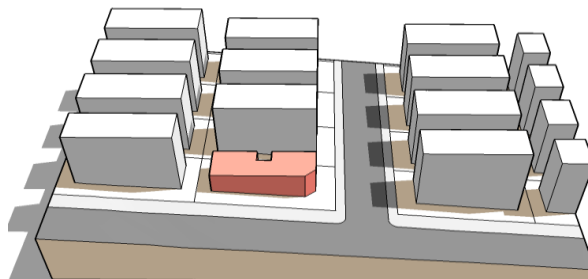
Maquete 3 – Solstício de Verão - 13hs



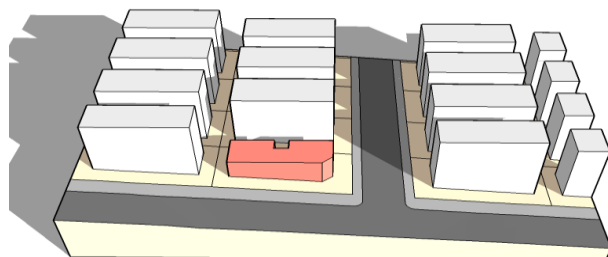
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 14hs



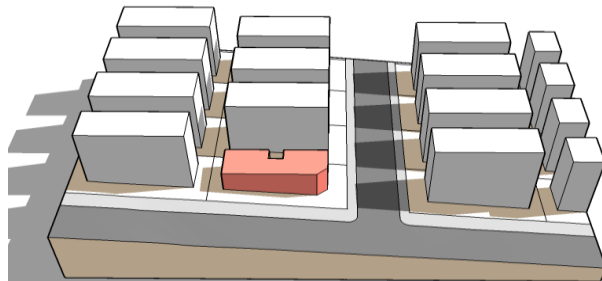
Maquete 3 – Solstício de Verão - 14hs



Maquete 3 - Solstício de Inverno - 15hs



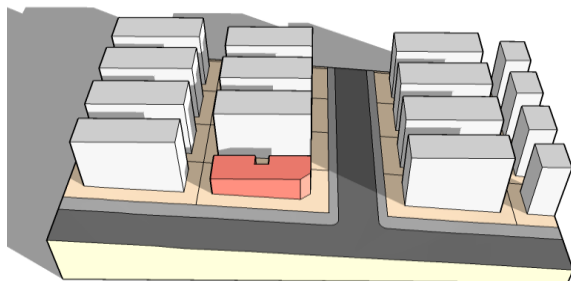
Maquete 3 – Solstício de Verão - 15hs



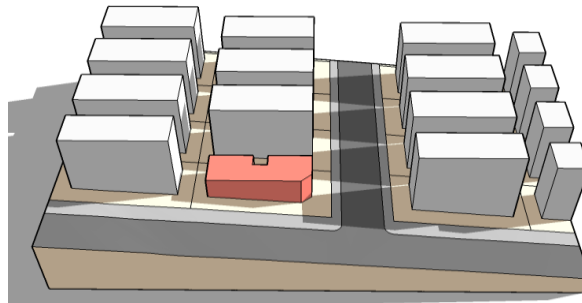
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 6 – Maquete 3 – Solstício de Inverno e de Verão

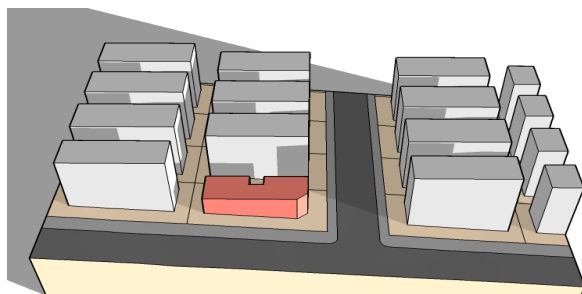
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 16hs



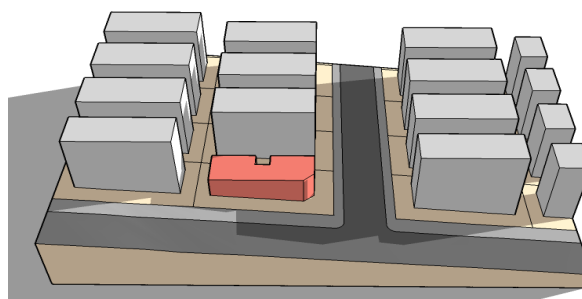
Maquete 3 – Solstício de Verão - 16hs



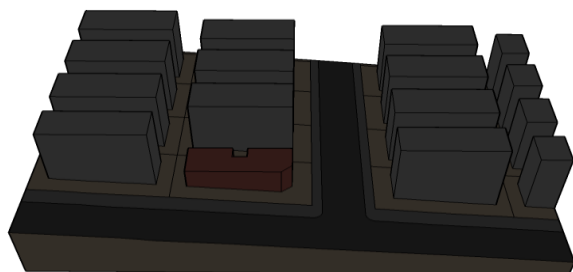
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 17hs



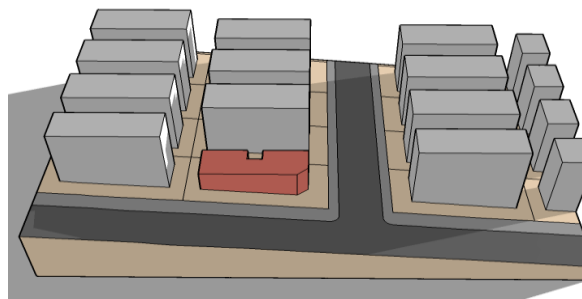
Maquete 3 – Solstício de Verão - 17hs



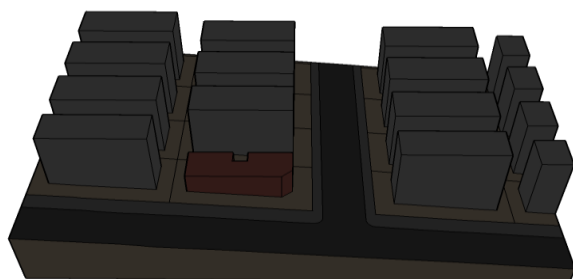
Maquete 3 - Solstício de Inverno - 18hs



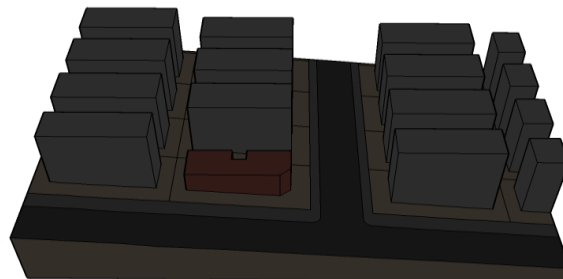
Maquete 3 – Solstício de Verão - 18hs



Maquete 3 - Solstício de Inverno - 19hs



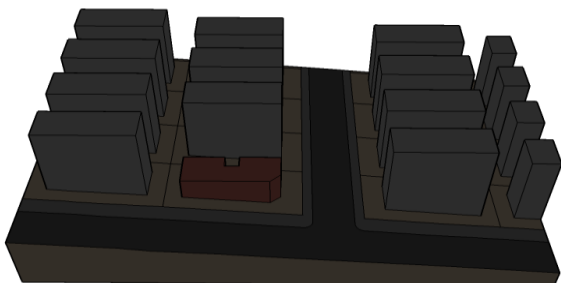
Maquete 3 – Solstício de Verão - 19hs



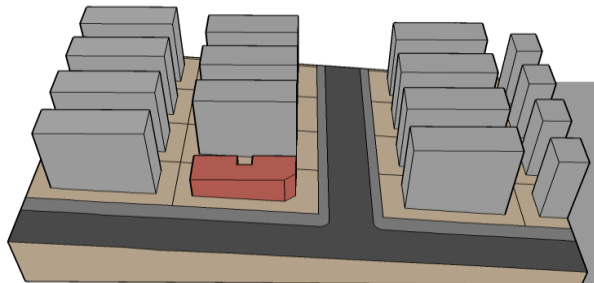
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 7 – Maquete 4 – Equinócio de Outono e de Primavera

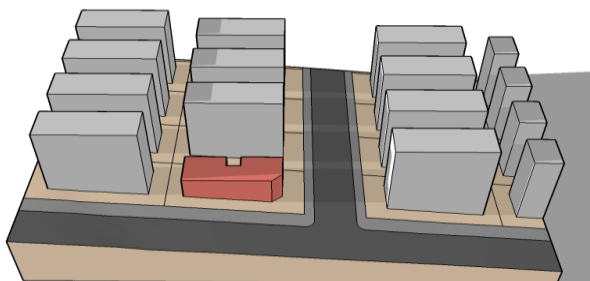
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 6hs



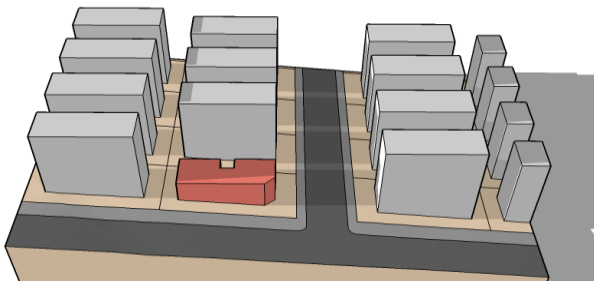
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 6hs



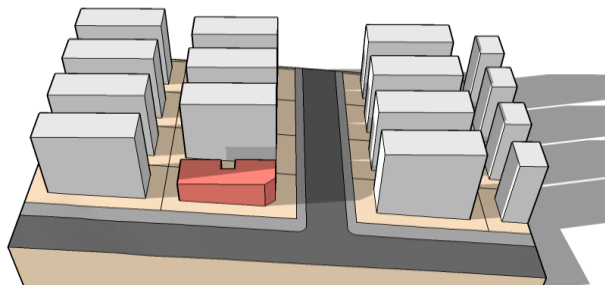
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 7hs



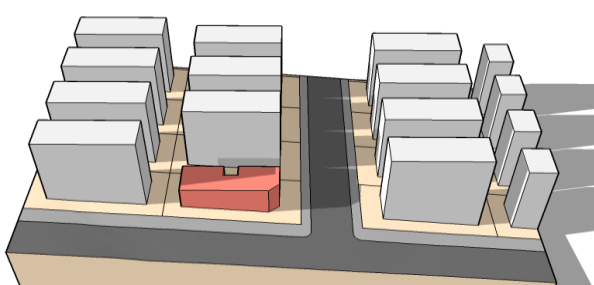
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 7hs



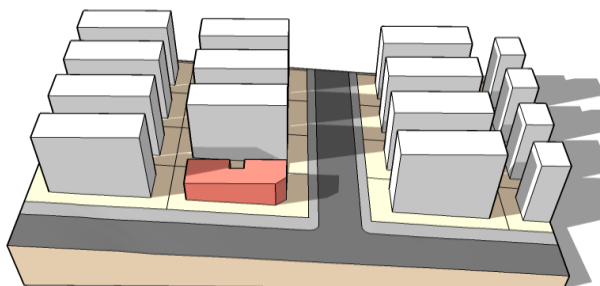
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 8hs



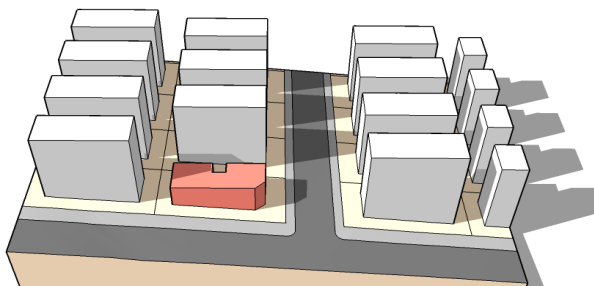
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 8hs



Maquete 4 - Equinócio de Outono - 9hs



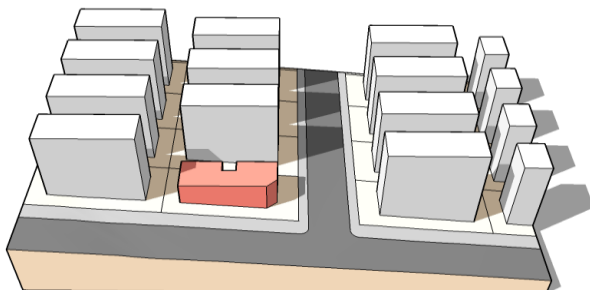
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 9hs



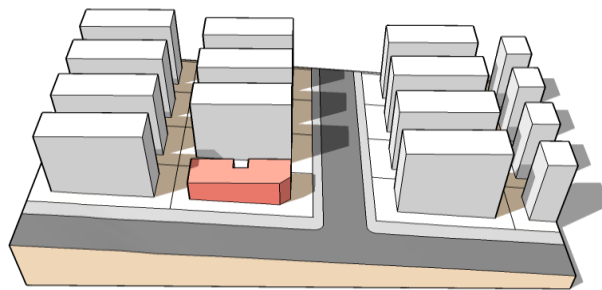
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 7 – Maquete 4 – Equinócio de Outono e de Primavera

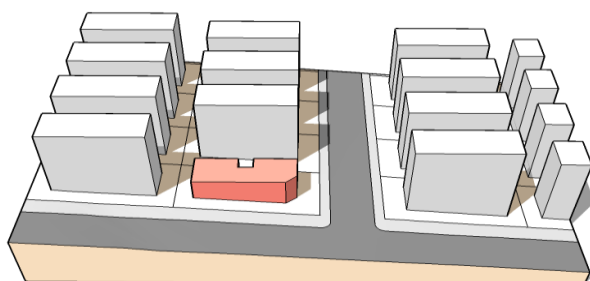
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 10hs



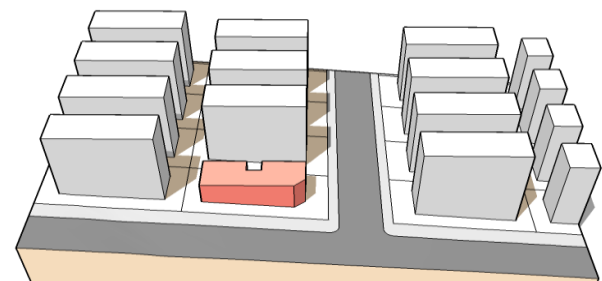
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 10hs



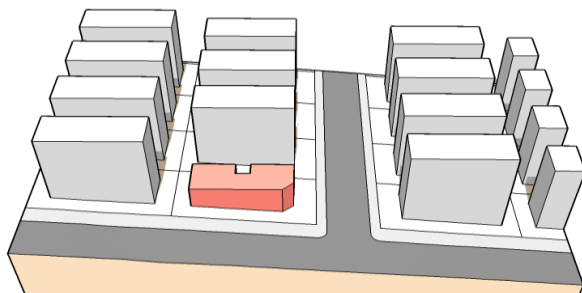
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 11hs



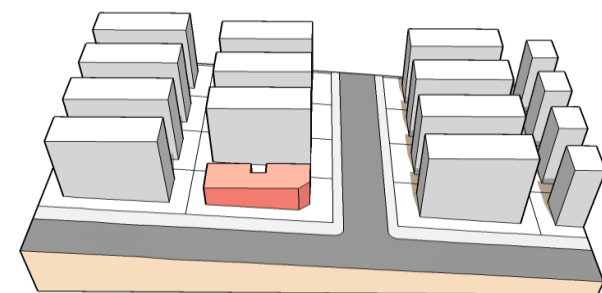
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 11hs



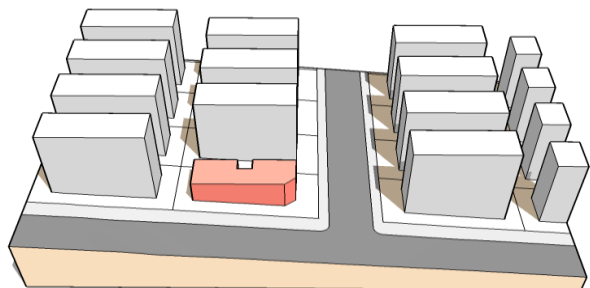
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 12hs



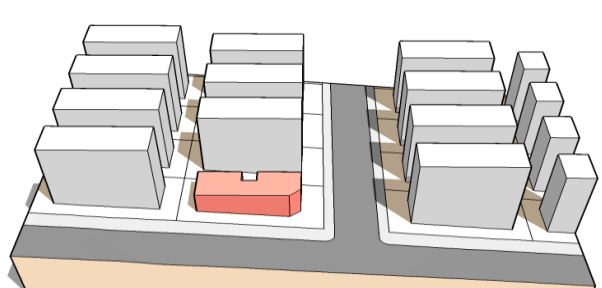
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 12hs



Maquete 4 - Equinócio de Outono - 13hs



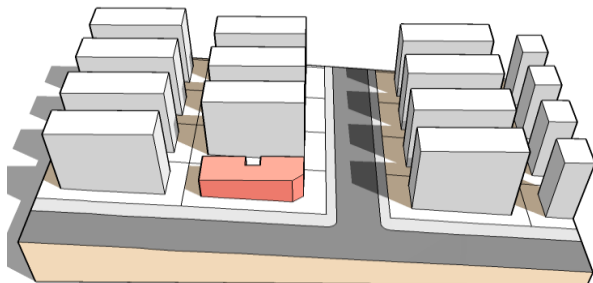
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 13hs



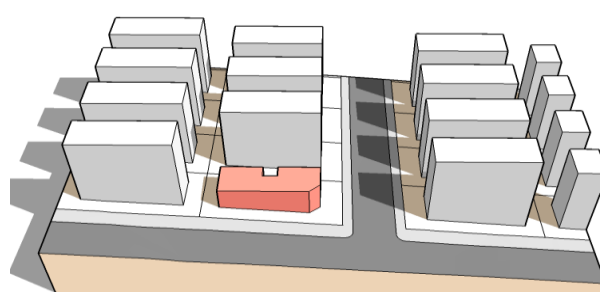
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 7 – Maquete 4 – Equinócio de Outono e de Primavera

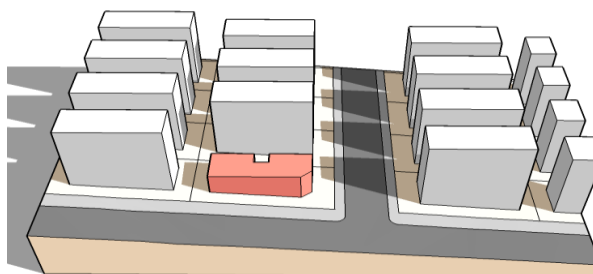
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 14hs



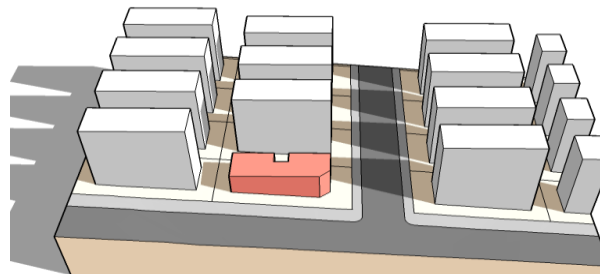
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 14hs



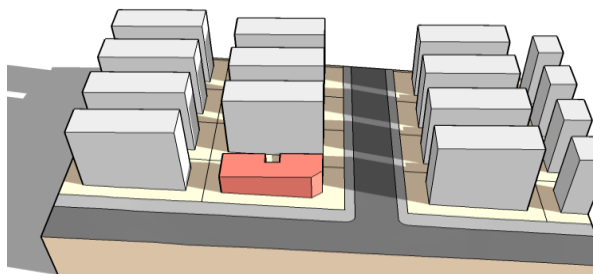
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 15hs



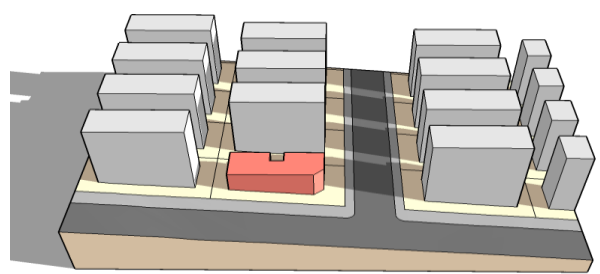
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 15hs



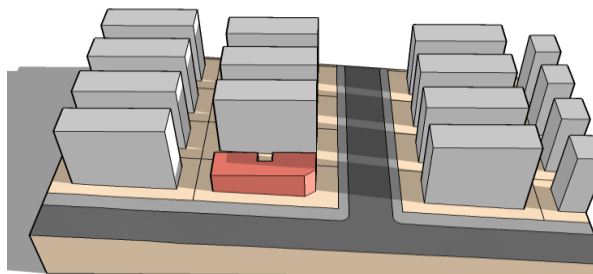
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 16hs



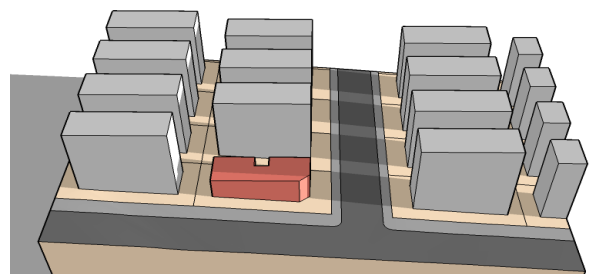
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 16hs



Maquete 4 - Equinócio de Outono - 17hs



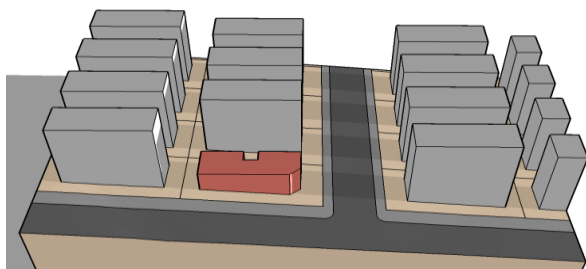
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 17hs



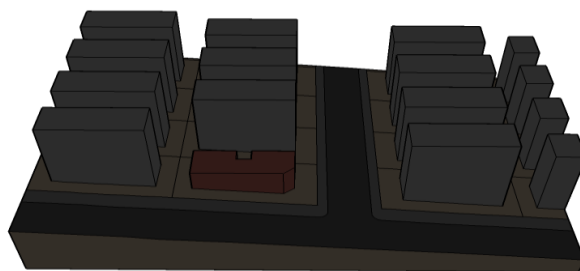
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 7 – Maquete 4 – Equinócio de Outono e de Primavera

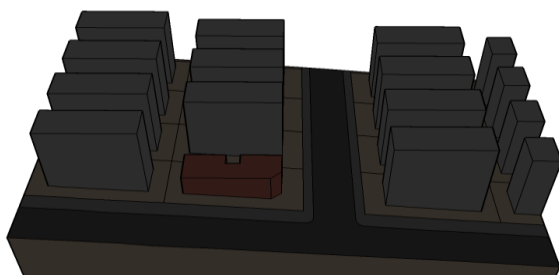
Maquete 4 - Equinócio de Outono - 18hs



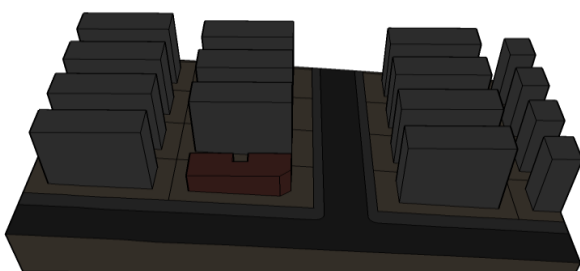
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 18hs



Maquete 4 - Equinócio de Outono - 19hs



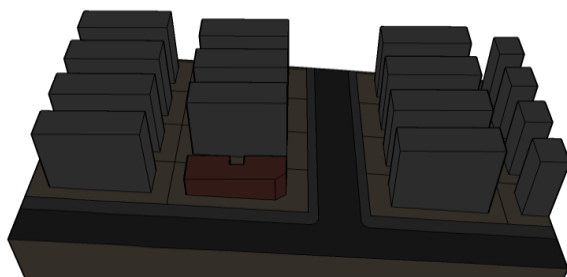
Maquete 4 - Equinócio de Primavera - 19hs



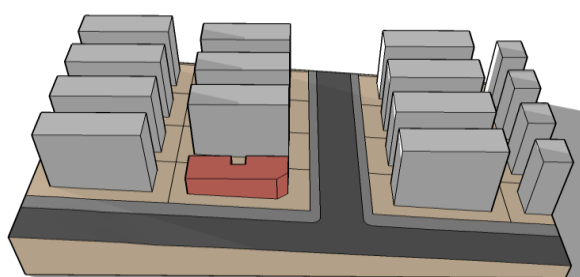
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 8 – Maquete 4 – Solstício de Inverno e de Verão

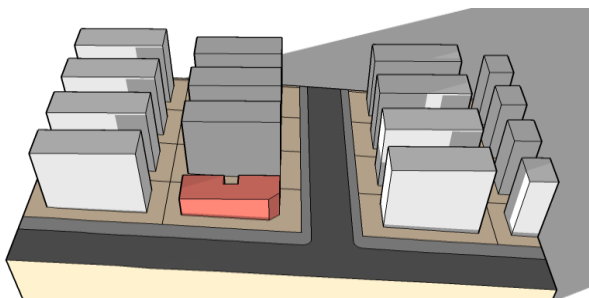
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 6hs



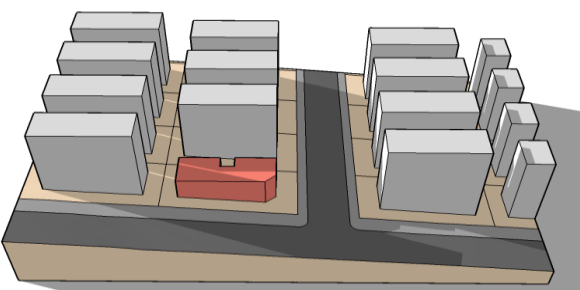
Maquete 4 - Solstício de Verão - 6hs



Maquete 4 - Solstício de Inverno - 7hs



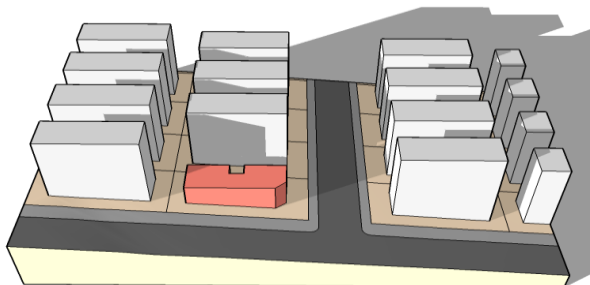
Maquete 4 - Solstício de Verão - 7hs



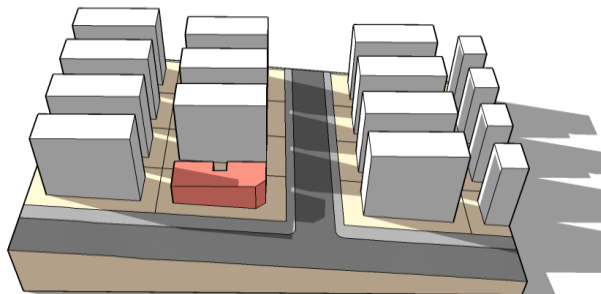
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 8 – Maquete 4 – Solstício de Inverno e de Verão

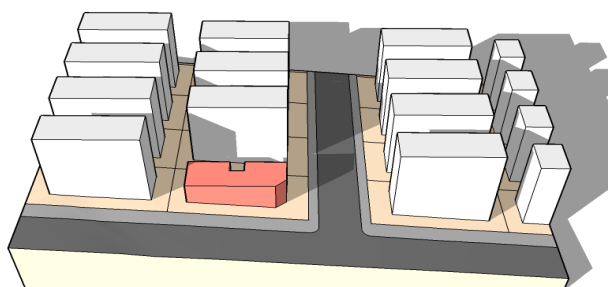
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 8hs



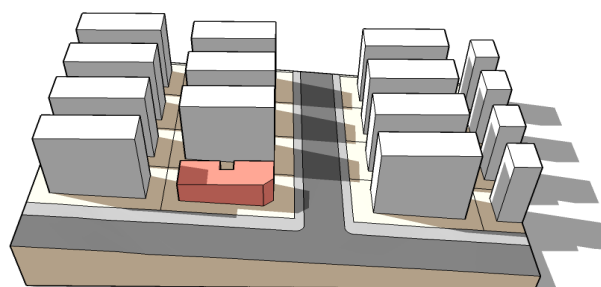
Maquete 4 - Solstício de Verão - 8hs



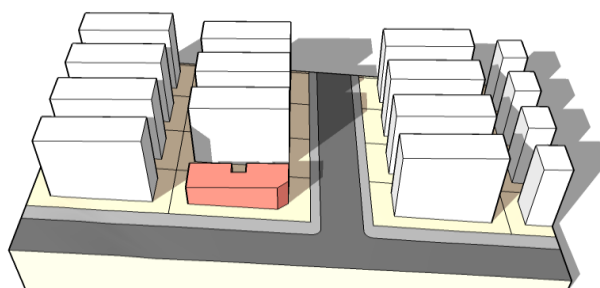
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 9hs



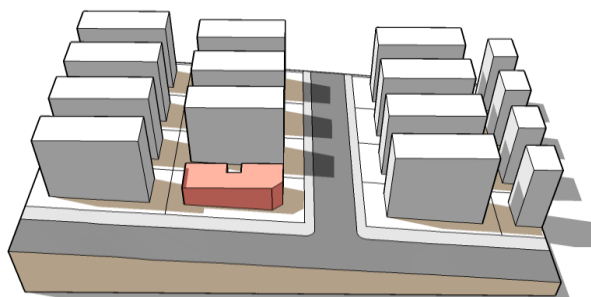
Maquete 4 - Solstício de Verão - 9hs



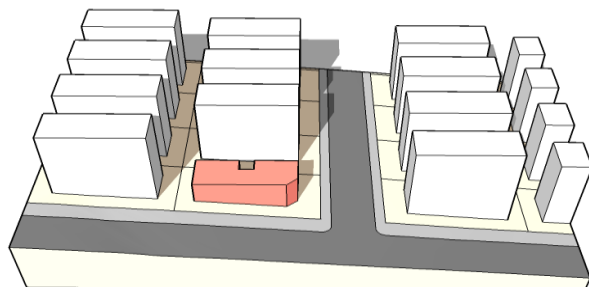
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 10hs



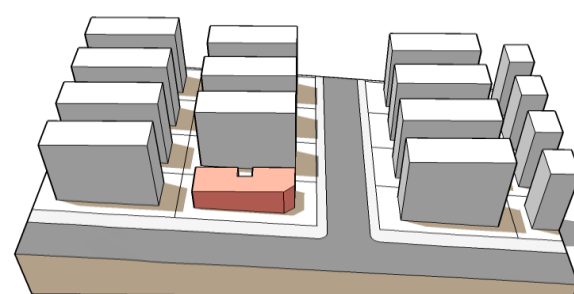
Maquete 4 - Solstício de Verão - 10hs



Maquete 4 - Solstício de Inverno - 11hs



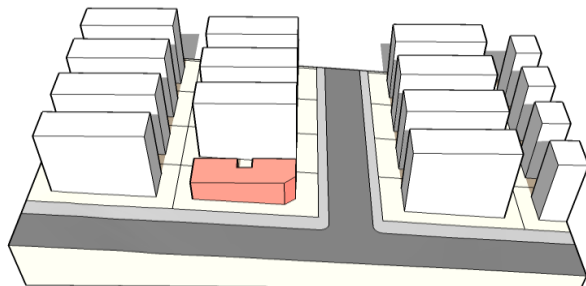
Maquete 4 - Solstício de Verão - 11hs



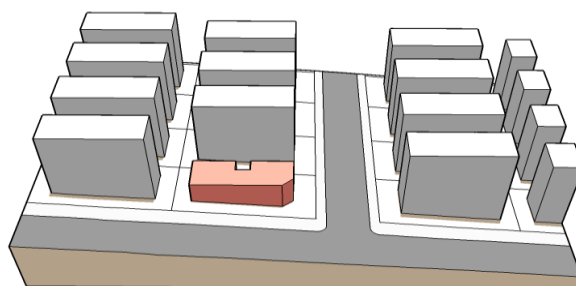
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 8 – Maquete 4 – Solstício de Inverno e de Verão

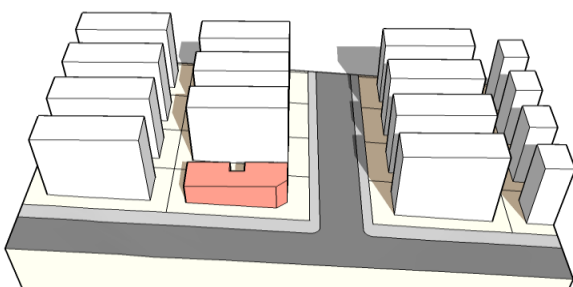
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 12hs



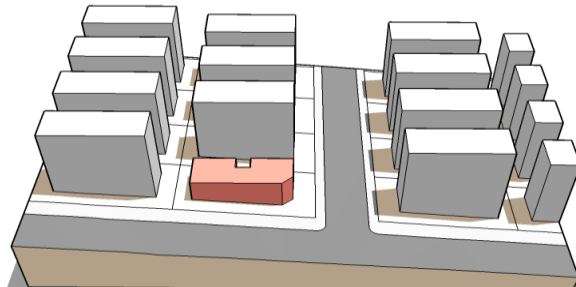
Maquete 4 - Solstício de Verão - 12h



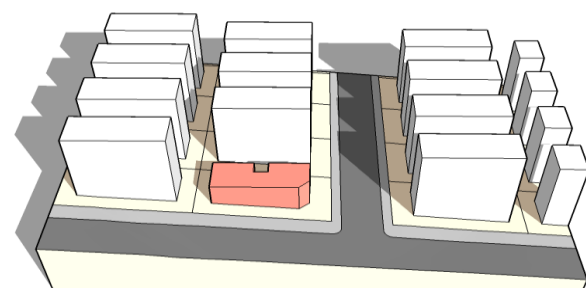
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 13hs



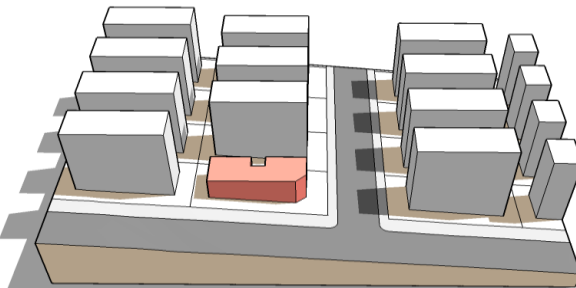
Maquete 4 - Solstício de Verão - 13hs



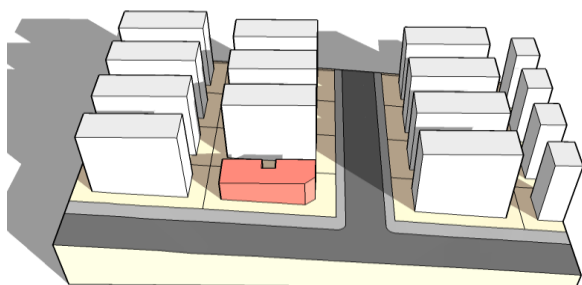
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 14hs



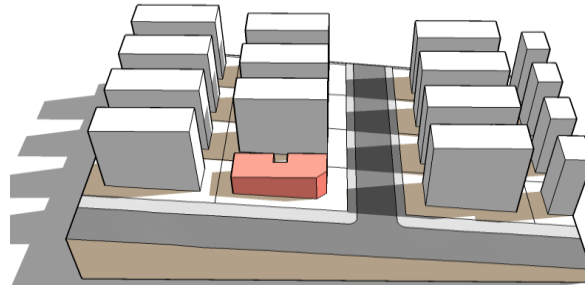
Maquete 4 - Solstício de Verão - 14hs



Maquete 4 - Solstício de Inverno - 15hs



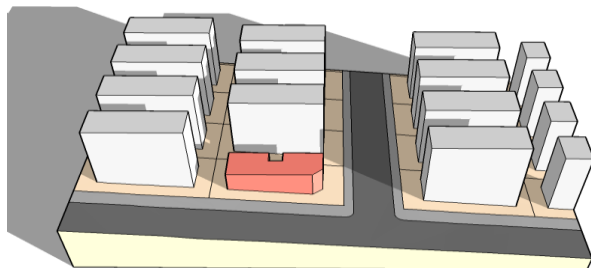
Maquete 4 - Solstício de Verão - 15hs



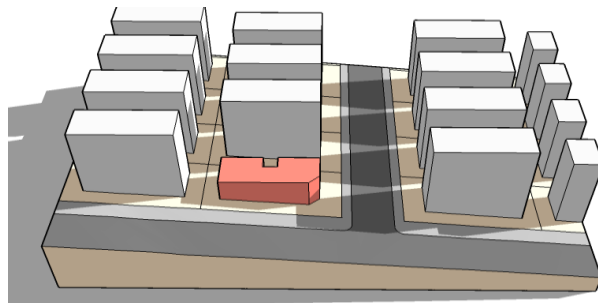
Fonte: elaborado pela autora

Continuação - Quadro 8 – Maquete 4 – Solstício de Inverno e de Verão

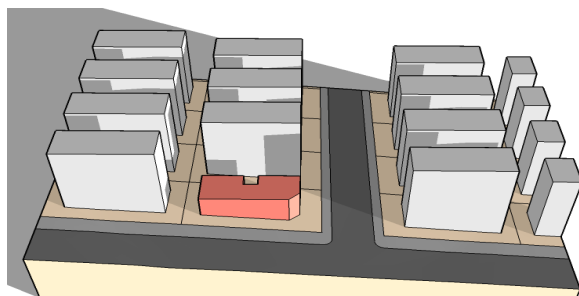
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 16hs



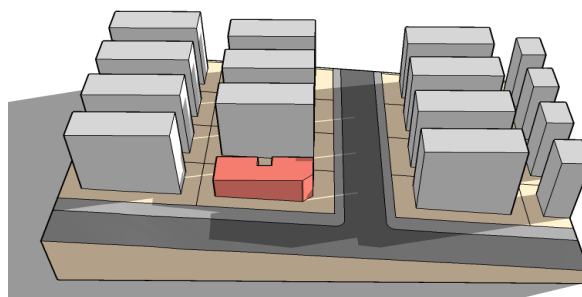
Maquete 4 - Solstício de Verão - 16hs



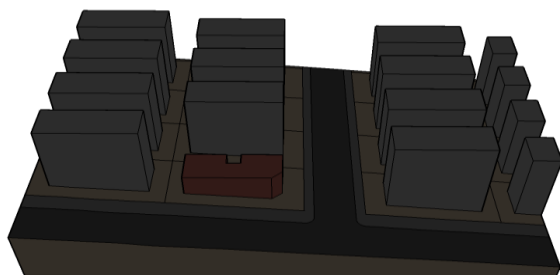
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 17hs



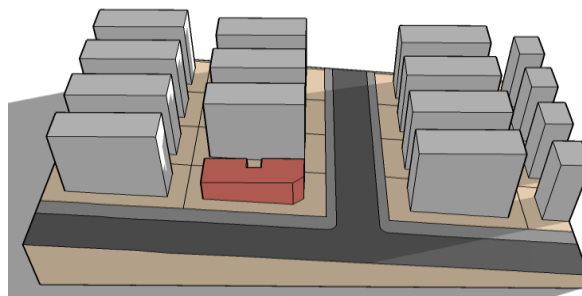
Maquete 4 - Solstício de Verão - 17hs



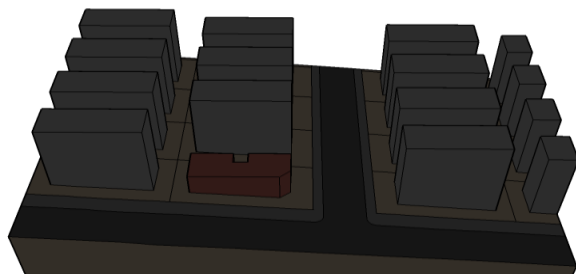
Maquete 4 - Solstício de Inverno - 18hs



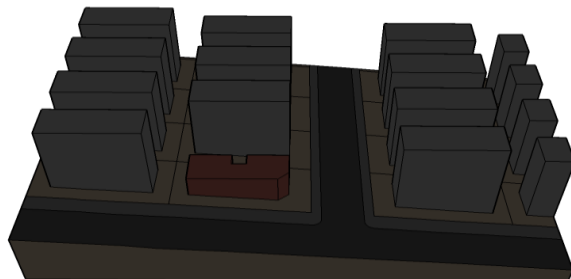
Maquete 4 - Solstício de Verão - 18hs



Maquete 4 - Solstício de Inverno - 19hs



Maquete 4 - Solstício de Verão - 19hs



Fonte: elaborado pela autora

2 - Tabelas 1 a 10 – Cálculo Área de Insolação

Produzidas as imagens dos quadros de 1 a 8, no Programa SketchUp, foram calculadas as áreas de insolação e sombreamento de cada imagem de todas as maquetes, nos solstícios e equinócios.

Os resultados foram copiados em planilhas Excell e se encontram nas Tabelas de 1 a 10.

Tabela 1 – Cálculo Área de Insolação - Loja - Cobertura

LOJA - COBERTURA															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	188,25	0	0	22,18	110,04	159,19	179,79	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 2	188,25	0	0	4,49	70,28	139,34	170,47	181,64	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 3	188,25	0	28,20	69,86	149,41	178,98	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	142,18	0	0
Maquete 4	188,25	0	28,68	64,10	152,53	178,54	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	78,63	0	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	188,25	0	0	7,30	78,80	132,09	147,96	161,42	170,90	178,95	185,90	188,25	188,25	0	0
Maquete 2	188,25	0	0	0	40,46	99,78	127,94	150,12	167,09	181,17	187,68	188,25	188,25	0	0
Maquete 3	188,25	0	164,62	176,19	184,94	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 4	188,25	0	169,00	179,84	186,88	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	188,25	0	0	48,88	127,04	168,18	182,64	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 2	188,25	0	0	13,13	92,39	151,96	174,68	185,36	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 3	188,25	0	32,47	85,55	157,79	183,80	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	65,57	0	0
Maquete 4	188,25	0	31,51	71,36	155,27	183,52	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	43,97	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	188,25	0	21,33	61,81	129,64	166,92	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 2	188,25	0	25,76	33,20	96,86	153,22	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	0	0
Maquete 3	188,25	0	40,67	132,20	158,25	184,87	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	186,84	0	0
Maquete 4	188,25	0	28,50	128,14	153,11	182,98	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	183,43	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
114,18	Maquete 1	0	5,33	35,04	111,38	156,60	174,66	181,54	183,91	185,93	187,66	188,25	188,25	0	0
107,57	Maquete 2	0	6,44	12,71	75,00	136,08	165,34	176,34	182,96	186,48	188,11	188,25	188,25	0	0
128,87	Maquete 3	0	66,49	115,95	162,60	183,98	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	145,71	0	0
126,69	Maquete 4	0	64,42	110,86	161,95	183,32	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	188,25	123,57	0	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 2 – Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Leste

LOJA - FACHADA LESTE															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	47,39	0	0	0	0	0	0	4,48	30,81	47,39	0	0	0	0	0
Maquete 2	47,39	0	0	0	0	0	0	8,03	30,30	47,39	47,39	0	0	0	0
Maquete 3	47,39	0	3,24	6,93	11,60	20,10	47,39	47,39	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	47,39	0	3,90	8,09	14,88	25,09	47,39	47,39	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	47,39	0	0	0	0	0	0,77	4,96	10,63	18,82	32,28	47,39	0	0	0
Maquete 2	47,39	0	0	0	0	0	3,79	9,32	16,15	27,10	42,50	47,39	47,39	0	0
Maquete 3	47,39	0	15,63	23,31	32,19	47,39	47,39	47,39	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	47,39	0	19,67	29,05	39,86	47,39	47,39	47,39	0	0	0	0	0	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	47,39	0	0	0	0	0	0	8,51	45,39	47,39	0	0	0	0	0
Maquete 2	47,39	0	0	0	0	0	0	11,62	46,06	47,39	0	0	0	0	0
Maquete 3	47,39	0	3,37	7,11	12,40	22,28	47,39	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	47,39	0	4,27	9,09	15,84	28,08	47,39	0	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	47,39	0	0	24,19	47,39	47,39	47,39	47,39	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	47,39	0	0	11,03	47,39	47,39	47,39	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	47,39	0	0	9,13	8,57	8,35	47,39	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	47,39	0	2,83	11,89	10,64	10,25	47,39	0	0	0	0	0	0	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
9,15	Maquete 1	0	0	6,05	11,85	11,85	12,04	16,34	21,71	28,40	8,07	11,85	0	0	0
10,45	Maquete 2	0	0	2,76	11,85	11,85	12,80	7,24	23,13	30,47	22,47	11,85	11,85	0	0
9,21	Maquete 3	0	5,56	11,62	16,19	24,53	47,39	23,70	0	0	0	0	0	0	0
10,09	Maquete 4	0	7,67	14,53	20,31	27,70	47,39	23,70	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 3 – Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Norte

LOJA - FACHADA NORTE															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	150,24	0	0	0	0	0	0	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0
Maquete 2	150,24	0	0	0	0	0	0	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0
Maquete 3	150,24	0	126,70	126,70	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	5,33	0
Maquete 4	150,24	0	126,70	126,70	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	132,89	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	150,24	0	0	0	0	0	126,70	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	0	0
Maquete 2	150,24	0	0	0	0	0	126,70	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	0	0
Maquete 3	150,24	0	109,64	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0	0
Maquete 4	150,24	0	111,77	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	150,24	0	0	0	0	0	0	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0	0
Maquete 2	150,24	0	0	0	0	0	0	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0	0
Maquete 3	150,24	0	126,70	126,70	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	143,52	0	0
Maquete 4	150,24	0	126,70	126,70	126,70	126,70	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	143,84	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	150,24	0	0	0	0	0	0	23,54	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0
Maquete 2	150,24	0	0	0	0	0	0	23,54	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	150,24	0
Maquete 3	150,24	0	0	0	0	0	0	0	23,54	23,54	23,54	21,09	14,72	0	0
Maquete 4	150,24	0	0	0	0	0	0	0	23,54	23,54	23,54	15,55	17,38	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
68,07	Maquete 1	0	0	0	0	0	31,68	100,91	144,36	150,24	150,24	150,24	150,24	75,12	0
68,07	Maquete 2	0	0	0	0	0	31,68	100,91	144,36	150,24	150,24	150,24	150,24	75,12	0
85,48	Maquete 3	0	90,76	95,03	95,03	100,91	112,68	112,68	118,57	118,57	118,57	117,95	114,68	1,33	0
87,75	Maquete 4	0	91,29	95,03	95,03	100,91	112,68	112,68	118,57	118,57	118,57	116,57	115,43	33,22	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 4 – Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Oeste

LOJA - FACHADA OESTE															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	49,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	0
Maquete 2	49,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	0
Maquete 3	49,13	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	32,52	1,84	0	0
Maquete 4	49,13	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	27,12	2,75	0	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	49,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	49,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	0	0
Maquete 4	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	49,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	0	0
Maquete 2	49,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	0	0
Maquete 3	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	21,24	0	0	0
Maquete 4	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	48,54	13,73	0	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	49,13	0	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	0
Maquete 2	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	0
Maquete 3	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	48,57	19,78	0	0
Maquete 4	49,13	0	0	0	0	0	0	49,13	49,13	49,13	49,13	49,13	12,60	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
11,41	Maquete 1	0	0	0	0	0	0	0	12,28	12,28	36,85	36,85	36,85	24,57	0
12,28	Maquete 2	0	0	0	0	0	0	0	12,28	12,28	36,85	36,85	36,85	24,57	0
17,13	Maquete 3	0	0	0	0	0	0	0	36,85	49,13	49,13	49,13	37,87	17,69	0
16,78	Maquete 4	0	0	0	0	0	0	0	36,85	49,13	49,13	48,98	34,78	16,12	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 5 – Cálculo Área de Insolação - Loja – Fachada Sul

LOJA - FACHADA SUL															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	119,29	0	0	0	0,50	7,46	91,30	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	119,29	0	0	0	0	6,46	86,38	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	128,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	128,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	119,29	0	0	0	0	9,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	119,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	128,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	128,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	119,29	0	0	0	1,52	11,36	93,54	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	119,29	0	0	0	0,41	11,78	89,61	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	128,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	128,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	119,29	10,45	6,60	8,46	12,11	12,36	40,74	47,39	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	119,29	13,15	10,91	11,05	14,98	15,41	19,83	119,29	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	128,49	0	0	80,59	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	61,42	0	0
Maquete 4	128,49	0	0	68,86	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	128,49	42,56	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
6,31	Maquete 1	2,61	1,65	2,12	3,53	10,18	56,40	11,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,13	Maquete 2	3,29	2,73	2,76	3,85	8,41	48,96	29,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,89	Maquete 3	0,00	0,00	20,15	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	15,36	0,00	0,00
20,35	Maquete 4	0,00	0,00	17,22	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	32,12	10,64	0,00	0,00

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 6 – Cálculo Área de Insolação - Prédio – Cobertura

PRÉDIO - COBERTURA																
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação														
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs	
Maquete 1	160,00	0	122,19	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Maquete 2	133,00	0	112,15	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	0	0
Maquete 3	189,00	0	122,20	186,47	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	0	0
Maquete 4	160,00	0	121,30	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Solstício Inverno																
Maquete 1	160,00	0	0	143,58	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0	0
Maquete 2	133,00	0	0	125,75	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	0	0	0
Maquete 3	189,00	0	0	173,44	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	0	0
Maquete 4	160,00	0	0,00	158,24	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Equinócio Primavera																
Maquete 1	160,00	0	144,97	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Maquete 2	133,00	0	127,37	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	0	0	0
Maquete 3	189,00	0	149,18	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	0	0
Maquete 4	160,00	0	142,40	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Solstício Verão																
Maquete 1	160,00	83,95	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Maquete 2	133,00	86,87	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	0	0
Maquete 3	189,00	134,85	178,35	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	0	0
Maquete 4	160,00	128,81	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0
Média Diária	Média Horária Anual															
120,26	Maquete 1	20,99	106,79	155,895	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	120,00	0	0
98,32	Maquete 2	21,72	93,13	131,19	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	66,50	0	0
145,12	Maquete 3	33,71	112,43	184,48	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00	0	0
124,12	Maquete 4	32,20	105,93	159,56	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	0	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 7 – Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Leste

PRÉDIO - FACHADA LESTE															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	95,97	0	0	11,52	36,85	63,89	78,74	95,97	95,97	94,59	0	0	0	0	0
Maquete 2	107,27	0	0	12,94	41,15	75,39	86,91	107,27	107,27	106,74	0	0	0	0	0
Maquete 3	140,83	0	8,65	18,28	43,71	85,06	140,48	140,83	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	153,16	0	11,58	30,41	61,17	105,21	152,77	153,16	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	95,97	0	0	7,43	23,96	36,95	36,68	43,1	48,71	54,06	59,09	73,17	60,9	0	0
Maquete 2	107,27	0	0	9,08	28,50	42,96	39,08	45,86	52,07	58,90	72,58	87,16	0	0	0
Maquete 3	140,83	0	0	2,48	20,86	53,9	127,42	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	153,16	0	0	7,76	32,94	58,54	145,29	153,16	0	0	0	0	0	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	95,97	0	0	18,35	44,1	72,06	84,63	95,97	95,92	94,06	0	0	0	0	0
Maquete 2	107,27	0	0	20,42	49,41	83,53	93,22	107,27	107,27	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	140,83	0	9,43	22,58	52,77	97,28	140,83	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	153,16	0	12,86	36,63	71,15	119,01	153,16	0	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	95,97	0	95,97	95,97	95,97	95,97	95,97	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	107,27	0	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	140,83	1,01	12,88	34,13	52,02	89,07	140,83	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	153,16	3,67	25,31	50,85	65,85	103,16	153,16	0	0	0	0	0	0	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
34,05	Maquete 1	0	23,99	33,32	50,22	67,22	74,01	58,76	60,15	60,68	14,77	18,29	15,23	0	0
35,20	Maquete 2	0	26,82	37,43	56,58	77,29	81,62	65,10	66,65	41,41	18,15	21,79	0	0	0
23,12	Maquete 3	0,25	7,74	19,37	42,34	81,33	137,39	35,21	0	0	0	0	0	0	0
30,48	Maquete 4	0,92	12,44	31,41	57,78	96,48	151,10	76,58	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 8 – Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Norte

PRÉDIO - FACHADA NORTE															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	232,00	0	0	0	0	0	0	232,00	225,85	188,99	169,99	154,49	142,90	131,85	0
Maquete 2	272,70	0	0	0	0	0	0	272,70	272,70	245,77	223,54	204,17	190,31	178,05	0
Maquete 3	346,66	0	346,66	264,21	284,44	325,55	346,66	346,66	346,66	346,66	346,66	339,50	339,84	346,66	0
Maquete 4	399,54	0	399,54	336,10	317,31	371,12	399,54	399,54	399,54	399,54	399,54	386,65	399,23	399,54	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	232,00	0	0	0	0	0	203,02	204,49	181,70	165,08	151,99	51,00	29,38	0	0
Maquete 2	272,70	0	0	0	0	0	223,70	239,27	228,89	214,99	203,55	190,49	179,06	0	0
Maquete 3	346,66	0	0	94,88	200,90	282,07	324,05	325,53	326,39	322,28	315,99	301,09	202,14	0	0
Maquete 4	399,54	0	0	103,34	237,42	339,81	388,51	389,42	390,09	385,64	377,99	356,58	238,05	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	232,00	0	0	0	0	0	0	232,00	214,74	184,28	166,67	152,09	140,75	0	0
Maquete 2	272,70	0	0	0	0	0	0	272,70	271,61	239,93	219,18	201,15	188,05	0	0
Maquete 3	346,66	0	346,66	282,95	309,00	335,29	346,66	346,66	346,66	346,66	346,66	346,66	346,66	0	0
Maquete 4	399,54	0	399,54	348,09	350,09	384,38	399,54	399,54	399,54	399,54	399,54	399,54	399,54	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	232,00	0	0	0	0	0	0	0	232,00	216,57	190,00	171,38	157,06	146,14	0
Maquete 2	272,70	0	0	0	0	0	0	0	272,70	272,01	243,64	223,82	207,24	194,32	0
Maquete 3	346,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	399,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média Diária	Média Horária Anual														
79,22	Maquete 1	0	0	0	0	0	50,76	167,12	213,57	188,73	169,66	132,24	117,52	69,50	0
104,88	Maquete 2	0	0	0	0	0	55,93	196,17	261,48	243,18	222,48	204,91	191,17	93,09	0
185,29	Maquete 3	0	173,33	160,51	198,59	235,73	254,34	254,71	254,93	253,90	252,33	246,81	222,16	86,67	0
215,95	Maquete 4	0	199,77	196,88	226,21	273,83	296,90	297,13	297,29	296,18	294,27	285,69	259,21	99,89	0

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 9 – Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Oeste

PRÉDIO - FACHADA OESTE																
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação														
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs	
Maquete 1	105,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105,35	105,35	105,35	105,35	0	
Maquete 2	115,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107,86	115,11	115,11	115,11	0	
Maquete 3	160,12	0	0	0	0	0	0	0	160,12	160,12	160,12	140,04	89,76	26,10	0	
Maquete 4	169,48	0	0	0	0	0	0	0	169,48	169,48	169,48	147,19	98,07	31,31	0	
Solstício Inverno																
Maquete 1	105,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Maquete 2	115,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Maquete 3	160,12	0	0	0	0	0	0	160,12	160,12	160,12	152,94	78,76	30,05	0	0	
Maquete 4	169,48	0	0	0	0	0	0	0	169,48	169,48	157,09	76,45	30,71	0	0	
Equinócio Primavera																
Maquete 1	105,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105,35	105,35	105,35	0	0	
Maquete 2	115,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108,81	115,11	115,11	0	0	
Maquete 3	160,12	0	0	0	0	0	0	160,12	160,12	160,12	160,12	127,62	71,88	0	0	
Maquete 4	169,48	0	0	0	0	0	0	169,48	169,48	169,48	168,92	133,53	76,62	0	0	
Solstício Verão																
Maquete 1	105,35	0	0	0	0	0	0	105,35	105,35	105,35	105,35	105,35	105,35	105,35	105,35	0
Maquete 2	115,11	0	0	0	0	0	0	115,11	115,11	115,11	115,11	115,11	115,11	115,11	115,11	0
Maquete 3	160,12	0	0	0	0	0	0	160,12	160,12	160,12	160,12	154,28	114,31	52,97	0	
Maquete 4	169,48	0	0	0	0	0	0	169,48	169,48	169,48	169,48	161,23	120,63	54,09	0	
Média Diária	Média Horária Anual															
26,34	Maquete 1	0	0	0	0	0	0	26,34	26,34	26,34	79,01	79,01	79,01	52,68	0	
28,54	Maquete 2	0	0	0	0	0	0	28,78	28,78	28,78	82,95	86,33	86,33	57,56	0	
58,58	Maquete 3	0	0	0	0	0	0	120,09	160,12	160,12	158,33	125,18	76,50	19,77	0	
58,74	Maquete 4	0	0	0	0	0	0	84,74	169,48	169,48	166,24	129,60	81,51	21,35	0	

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 10 – Cálculo Área de Insolação - Prédio – Fachada Sul

PRÉDIO - FACHADA SUL															
Equinócio Outono	Área Total m ²	Área de Insolação													
		6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	14 hs	15 hs	16 hs	17 hs	18 hs	19 hs
Maquete 1	218,00	0	0	0	68,13	147,19	218,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	261,00	0	0	36,19	86,70	183,24	261,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	355,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	407,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Inverno															
Maquete 1	218,00	0	0	13,05	60,32	207,47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	261,00	0	0	18,09	76,08	255,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	355,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	407,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equinócio Primavera															
Maquete 1	218,00	0	0	33,56	81,83	181,42	218,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	261,00	0	9,98	46,99	106,36	222,82	261,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	355,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 4	407,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solstício Verão															
Maquete 1	218,00	0,00	15,55	38,74	73,30	134,50	218,00	218,00	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 2	261,00	0	22,25	55,80	95,43	166,31	261,00	261,00	0	0	0	0	0	0	0
Maquete 3	355,56	11,47	124,06	296,61	355,56	355,56	355,56	355,56	355,56	355,56	355,56	355,56	275,02	109,42	0
Maquete 4	407,07	23,03	146,33	335,04	407,07	407,07	407,07	407,07	407,07	407,07	407,07	407,07	306,88	134,58	0
Média Diária	Média Horária Anual														
34,41	Maquete 1	0,00	3,89	21,34	70,90	167,65	163,50	54,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43,31	Maquete 2	0,00	8,06	39,27	91,14	206,93	195,75	65,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65,38	Maquete 3	2,87	31,02	74,15	88,89	88,89	88,89	88,89	88,89	88,89	88,89	88,89	68,76	27,36	0,00
75,04	Maquete 4	5,76	36,58	83,76	101,77	101,77	101,77	101,77	101,77	101,77	101,77	101,77	76,72	33,65	0,00

Fonte: elaborado pela autora

3 - Figuras 1 a 16 – Simulação PVSyst da produção de energia solar fotovoltaica

Para escolher o tipo de tecnologia fotovoltaica a ser implantado no SFCR, utilizou-se o Programa PVSyst para comparação da produção de energia solar fotovoltaica em Células Monocristalinas, Policristalinas e Filme Fino.

As informações climáticas de Belo Horizonte foram utilizadas nas simulações por serem bastante parecidas com os dados climáticos da cidade de Itaúna que não dispõe destas informações. Os sistemas foram colocados voltados para norte, com uma inclinação de 20°.

Os resultados encontrados estão relacionados nas Figuras 1 a 16.

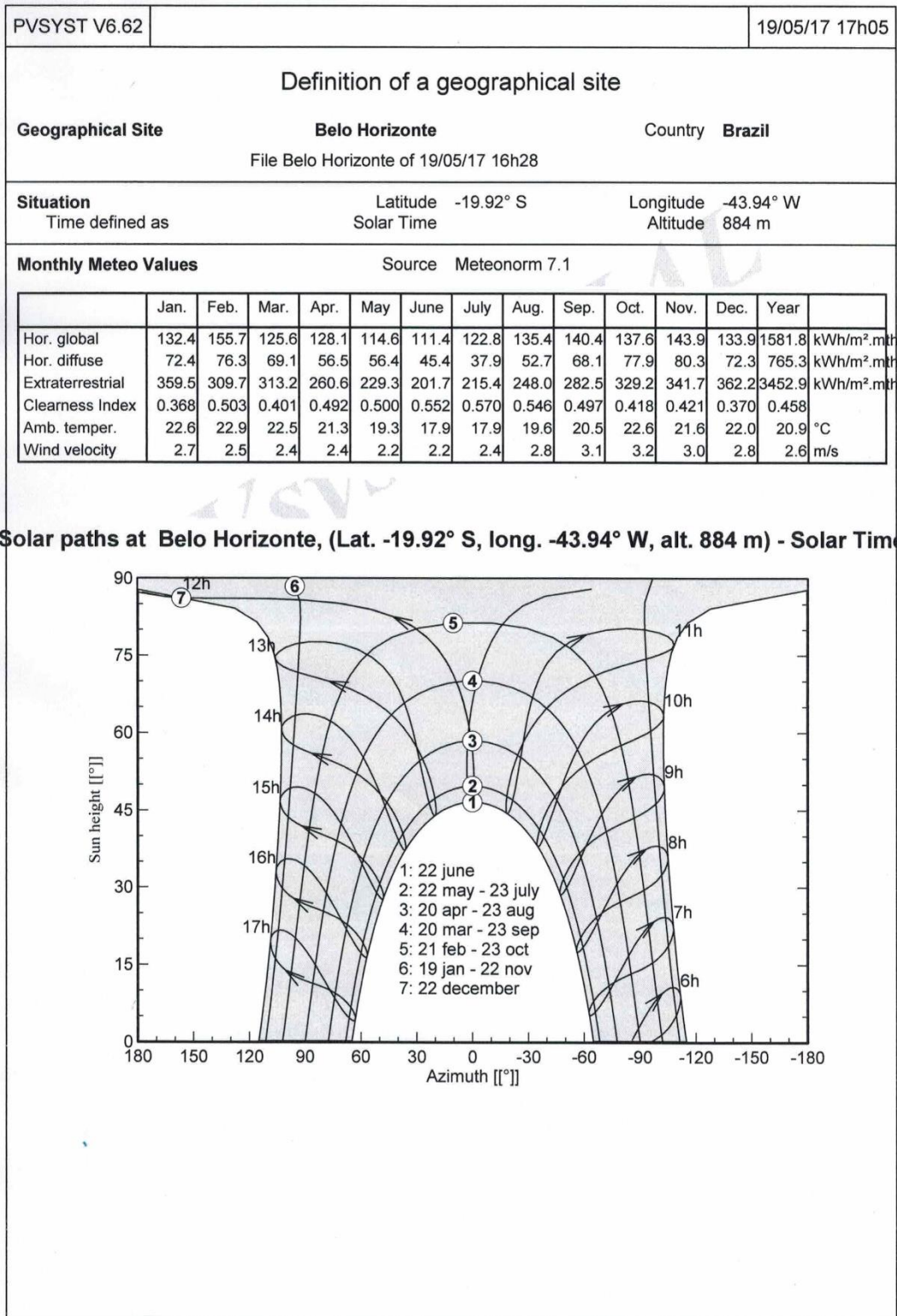


Figura 1 – Simulação PvSyst - Definição do Local Geográfico
 Fonte: elaborado pela autora

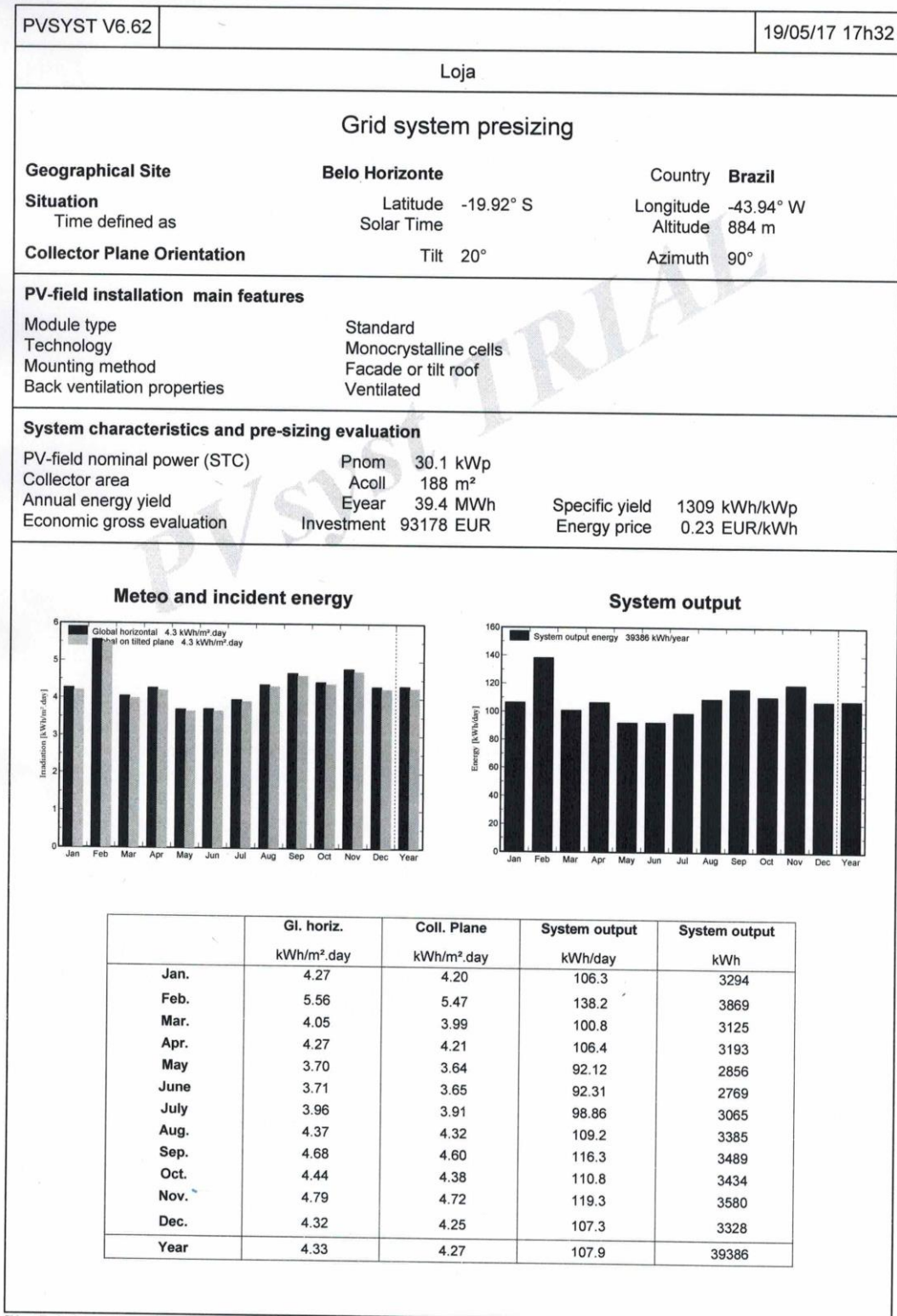
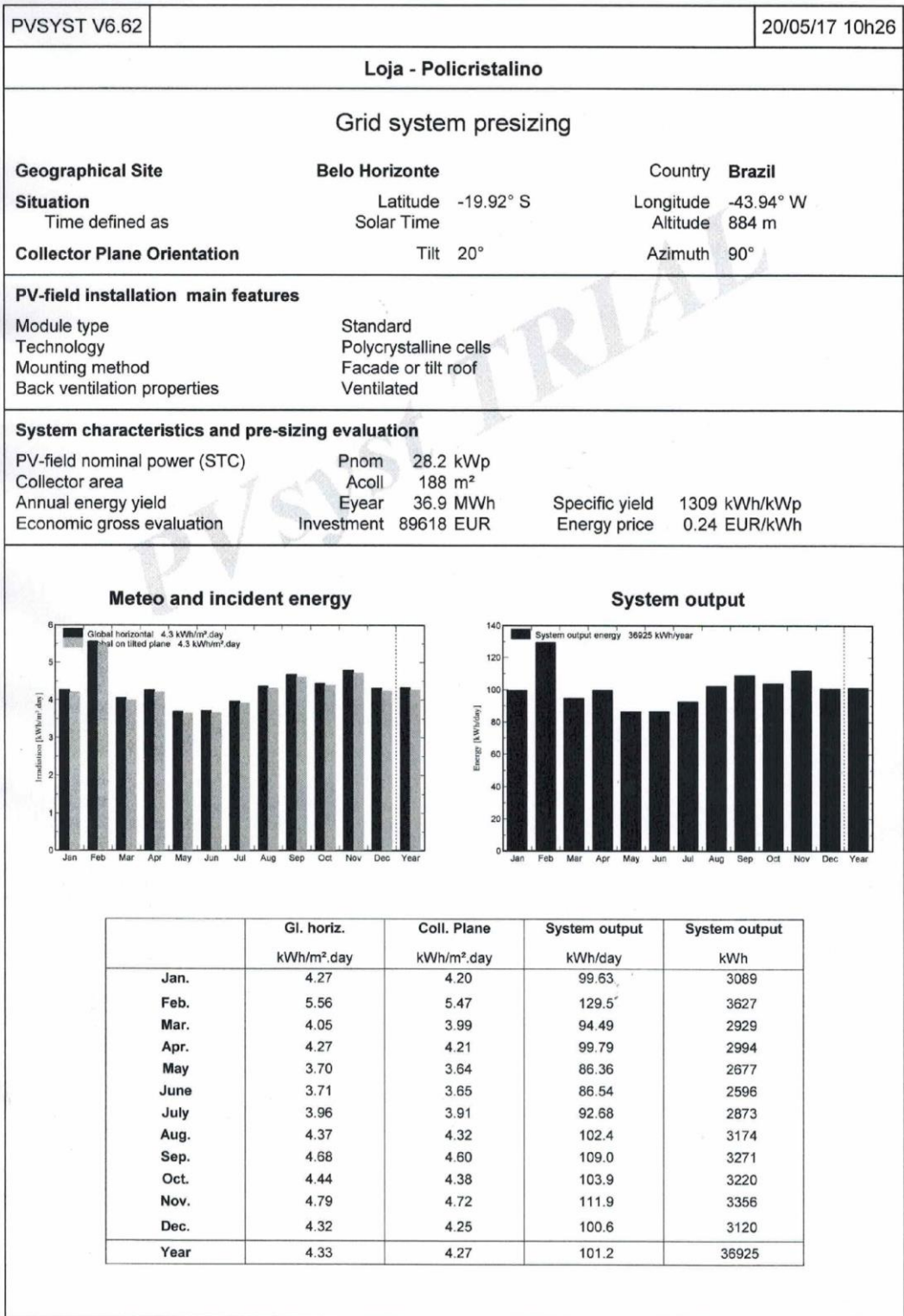
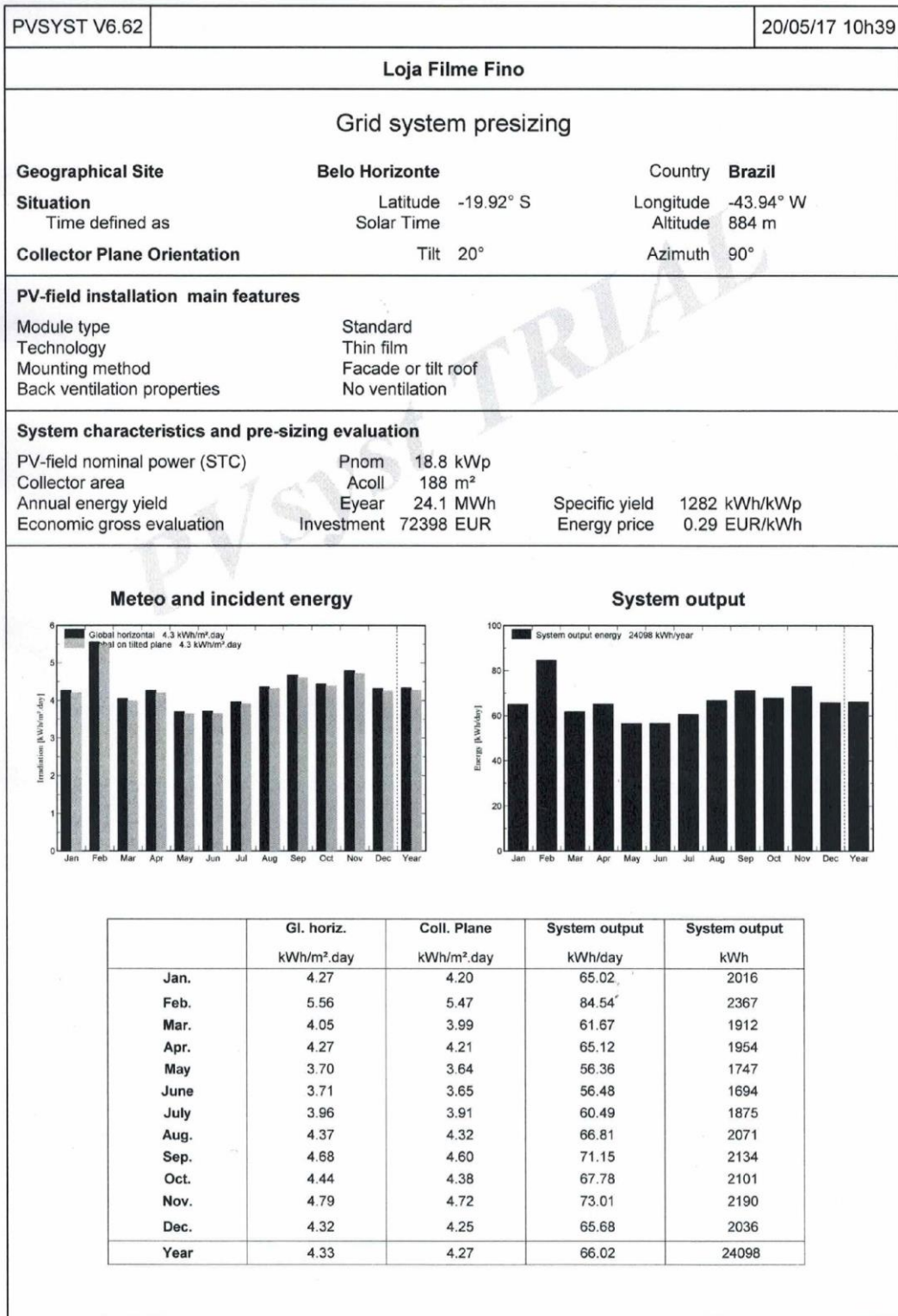


Figura 2 – Simulação PvSyst Loja – Células Monocristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



PV Syst Evaluation mode

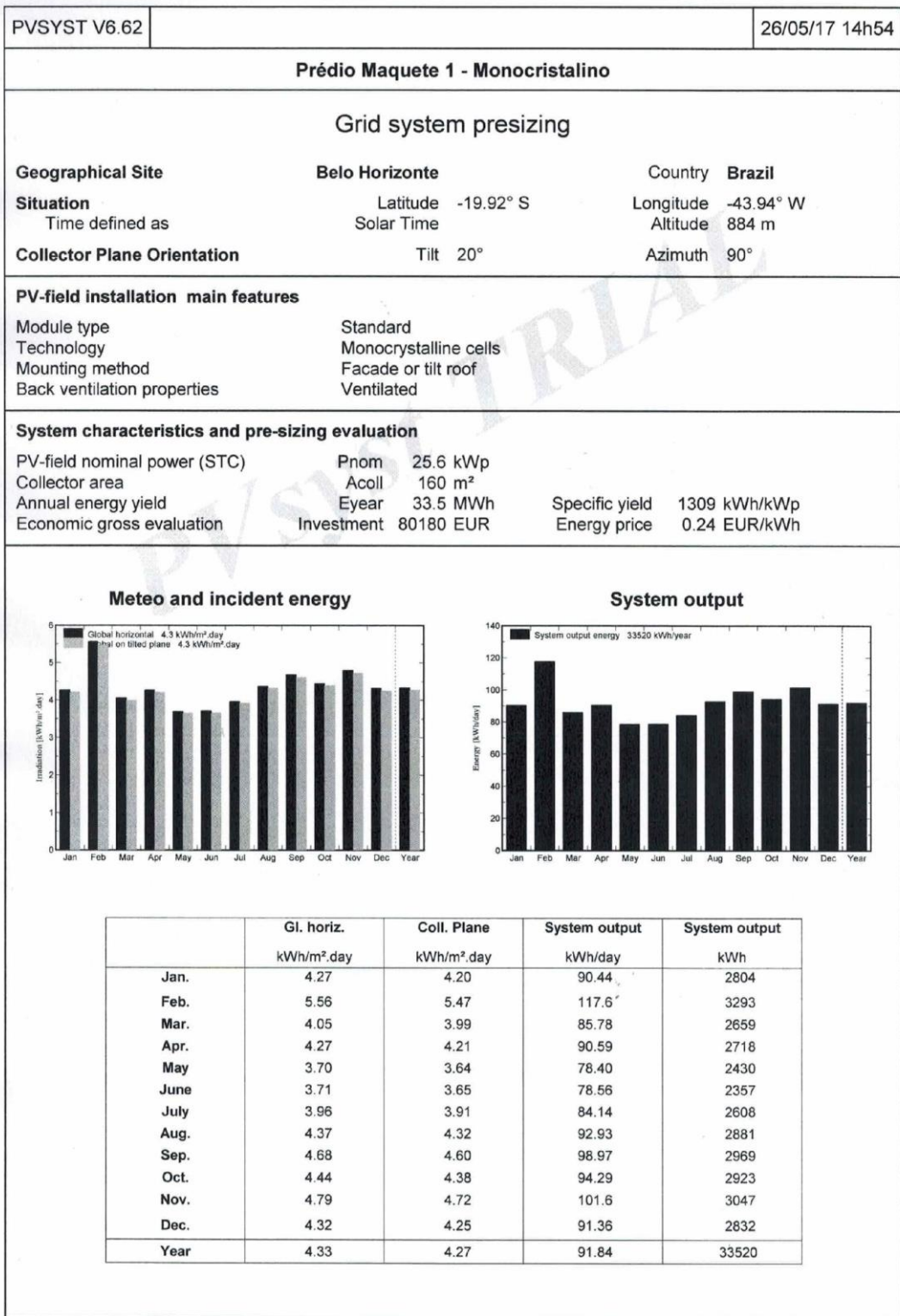
Figura 3 – Simulação PvSyst Loja – Células Policristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



PVsyst Evaluation mode

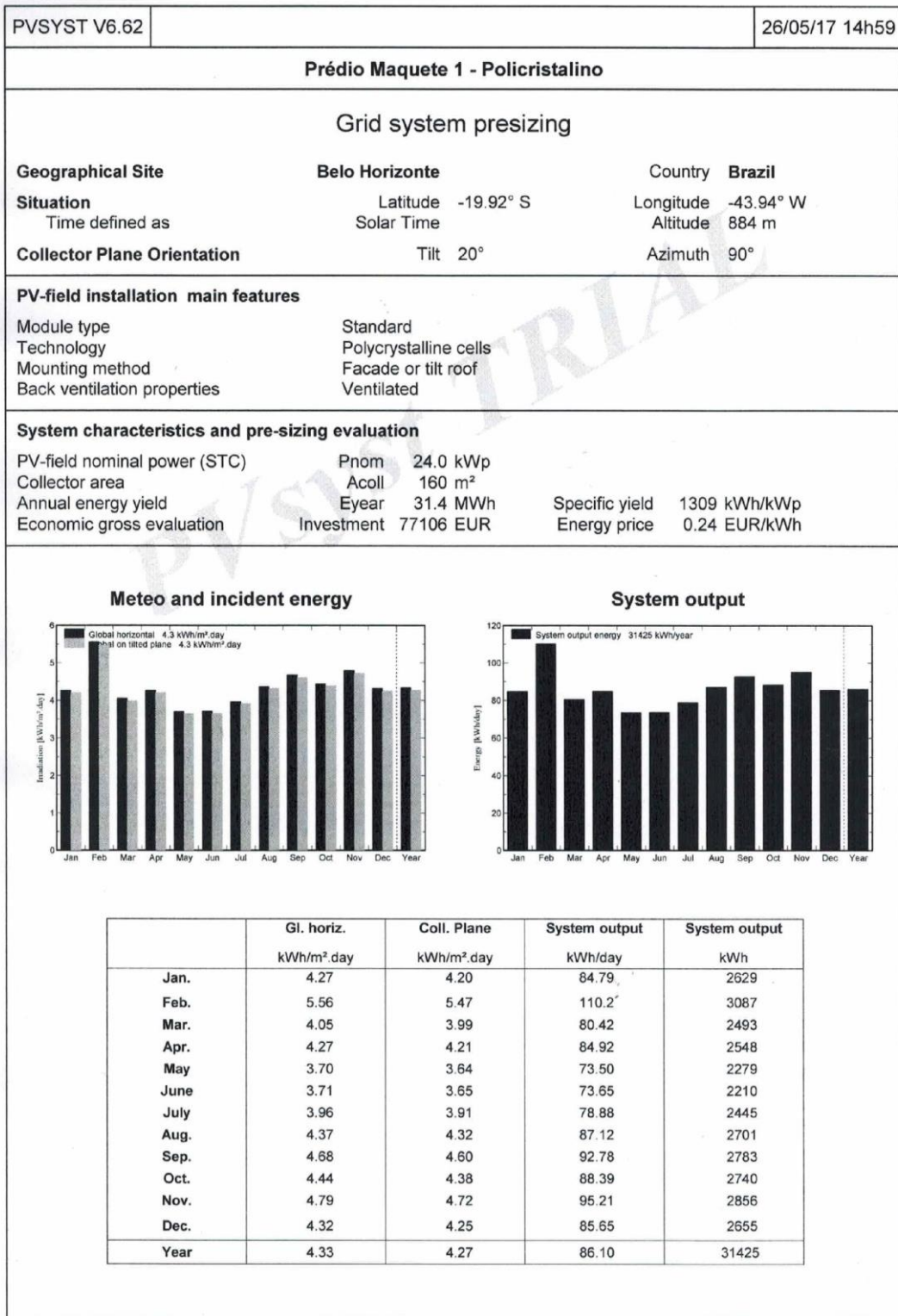
Figura 4 – Simulação PvSyst Loja – Filme Fino

Fonte: elaborado pela autora



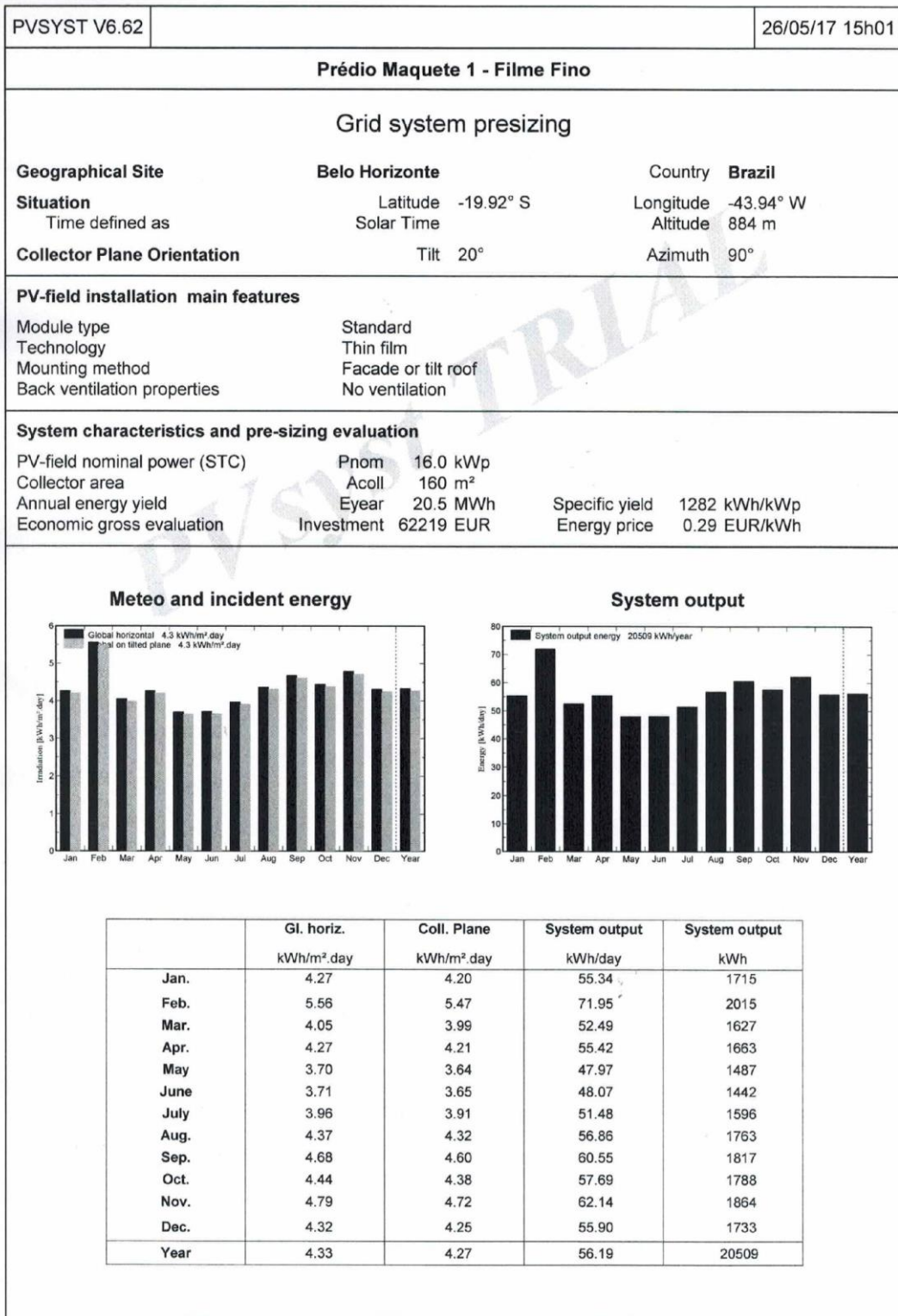
PVsynt Evaluation mode

Figura 5 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 1 – Células Monocristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



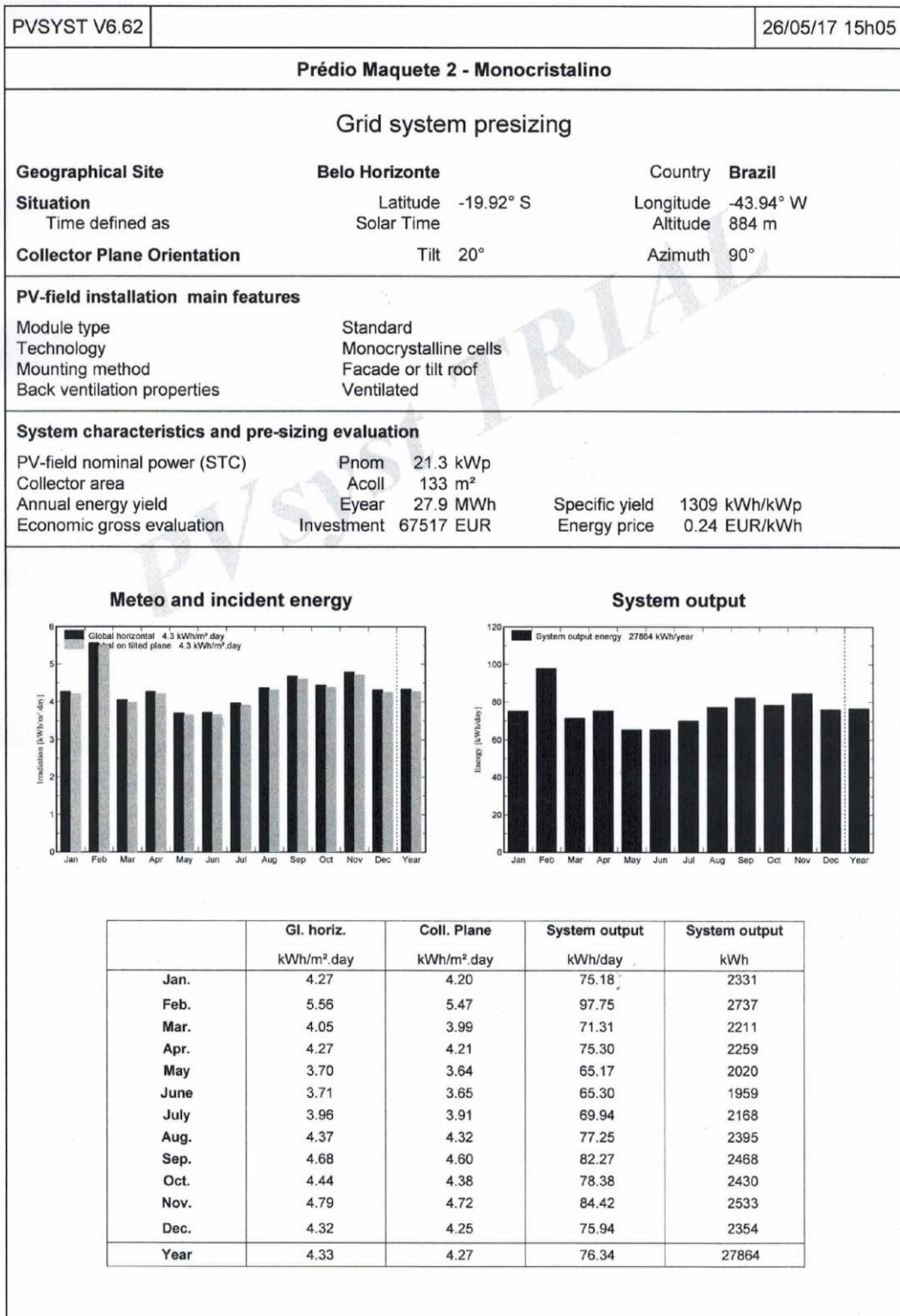
PVsynt Evaluation mode

Figura 6 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 1 – Células Policristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



PVsyyst Evaluation mode

Figura 7 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 1 – Filme Fino
 Fonte: elaborado pela autora



PV Syst Evaluation mode

Figura 8 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 2 – Células Monocristalinas
 Fonte: elaborado pela autora

Prédio Maquete 2 - Policristalino

Grid system presizing

Geographical Site	Belo Horizonte	Country	Brazil
Situation	Latitude -19.92° S	Longitude	-43.94° W
Time defined as	Solar Time	Altitude	884 m
Collector Plane Orientation	Tilt 20°	Azimuth	90°

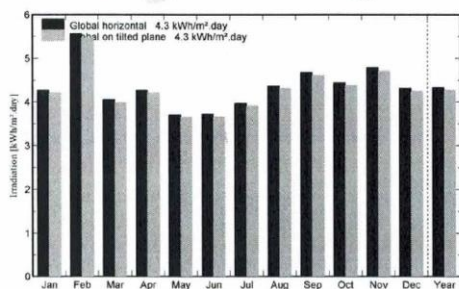
PV-field installation main features

Module type	Standard
Technology	Polycrystalline cells
Mounting method	Facade or tilt roof
Back ventilation properties	Ventilated

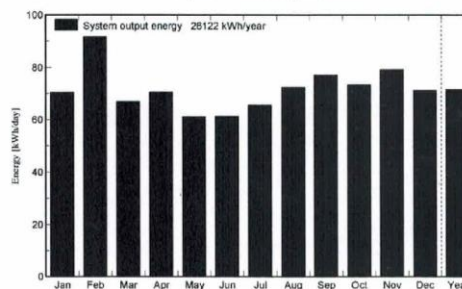
System characteristics and pre-sizing evaluation

PV-field nominal power (STC)	Pnom	19.9 kWp		
Collector area	Acoll	133 m²		
Annual energy yield	Eyear	26.1 MWh	Specific yield	1309 kWh/kWp
Economic gross evaluation	Investment	65915 EUR	Energy price	0.25 EUR/kWh

Meteo and incident energy



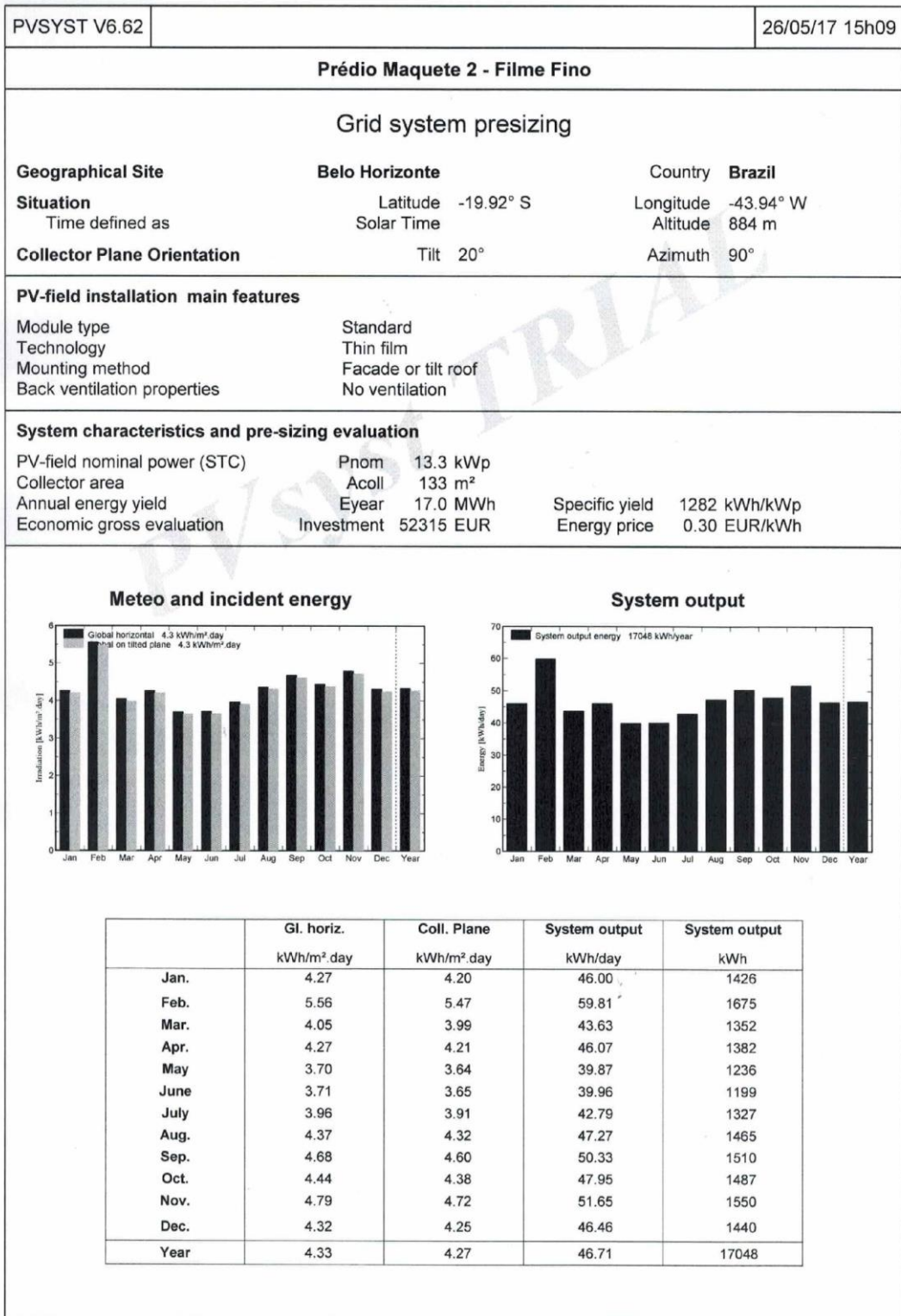
System output



	GI. horiz. kWh/m².day	Coll. Plane kWh/m².day	System output kWh/day	System output kWh
Jan.	4.27	4.20	70.48	2185
Feb.	5.56	5.47	91.64	2566
Mar.	4.05	3.99	66.85	2072
Apr.	4.27	4.21	70.59	2118
May	3.70	3.64	61.10	1894
June	3.71	3.65	61.22	1837
July	3.96	3.91	65.57	2033
Aug.	4.37	4.32	72.42	2245
Sep.	4.68	4.60	77.13	2314
Oct.	4.44	4.38	73.48	2278
Nov.	4.79	4.72	79.14	2374
Dec.	4.32	4.25	71.19	2207
Year	4.33	4.27	71.57	26122

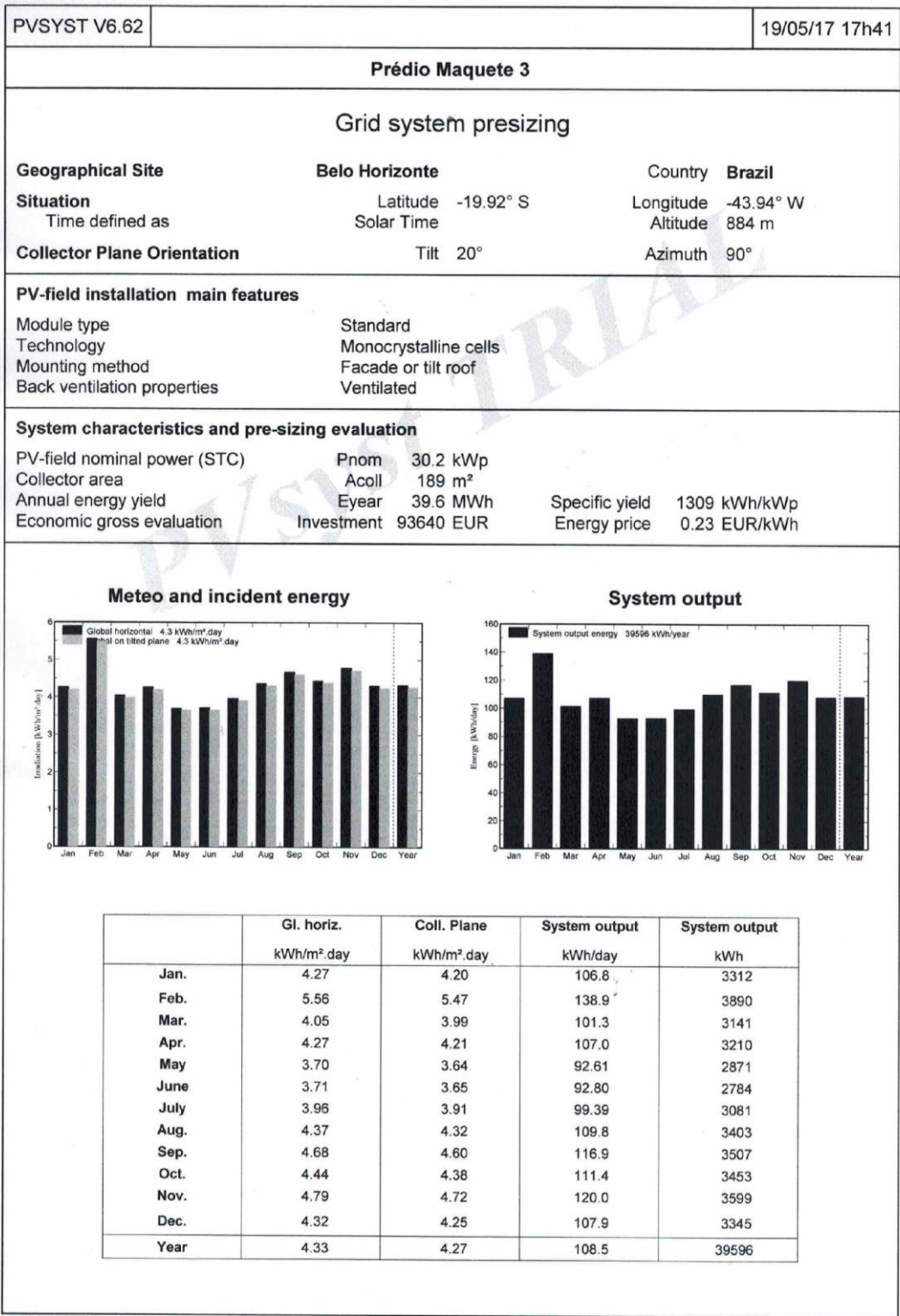
PVsynt Evaluation mode

Figura 9 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 2 – Células Policristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



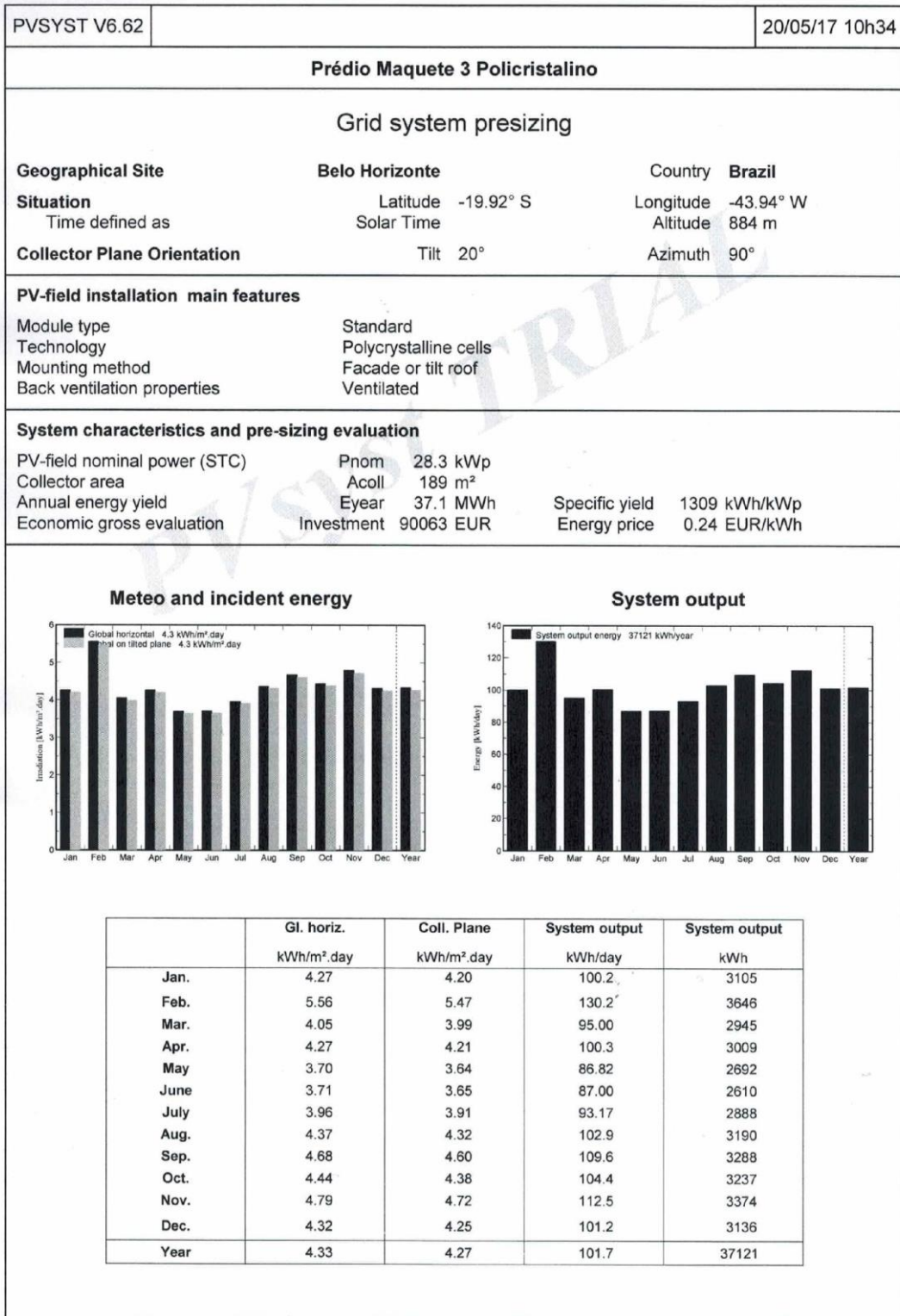
PVsyyst Evaluation mode

Figura 10 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 2 – Filme Fino
 Fonte: elaborado pela autora



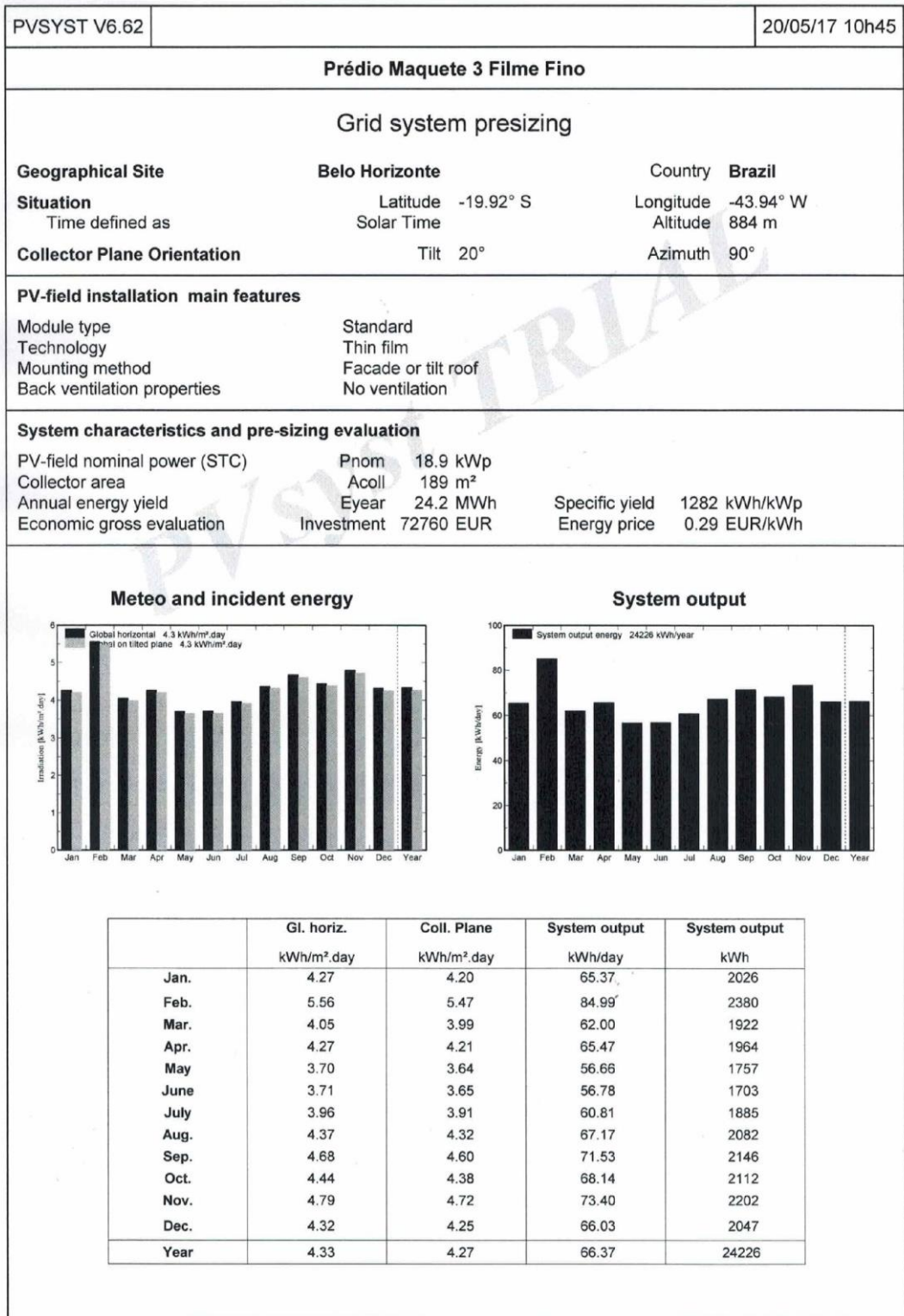
PVsystem Evaluation mode

Figura 11 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 3 – Células Monocristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



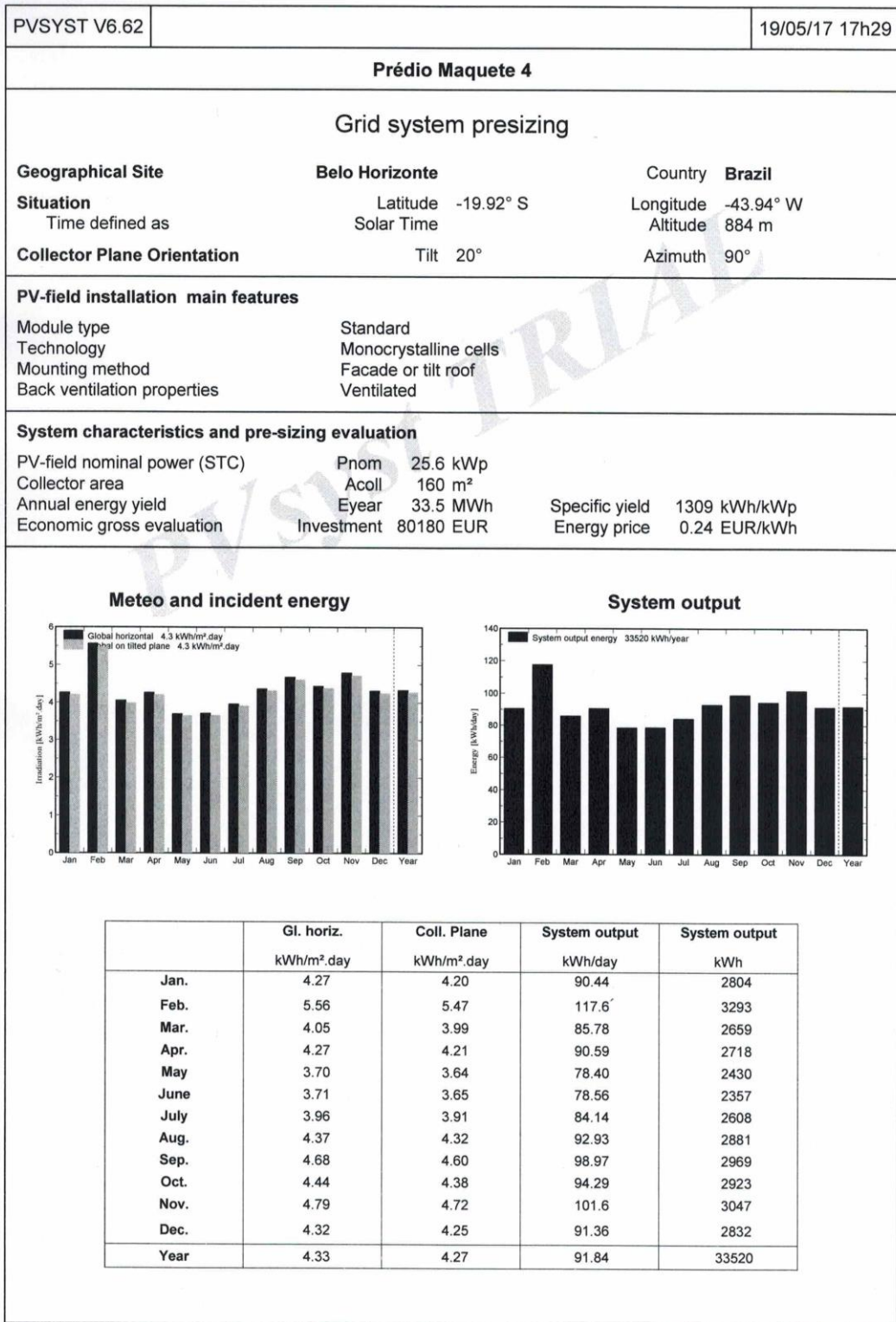
PVysst Evaluation mode

Figura 12 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 3 – Células Policristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



PVsystr Evaluation mode

Figura 13 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 3 – Filme Fino
 Fonte: elaborado pela autora



PVsyet Evaluation mode

Figura 14 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 4 – Células Monocristalinas
 Fonte: elaborado pela autora

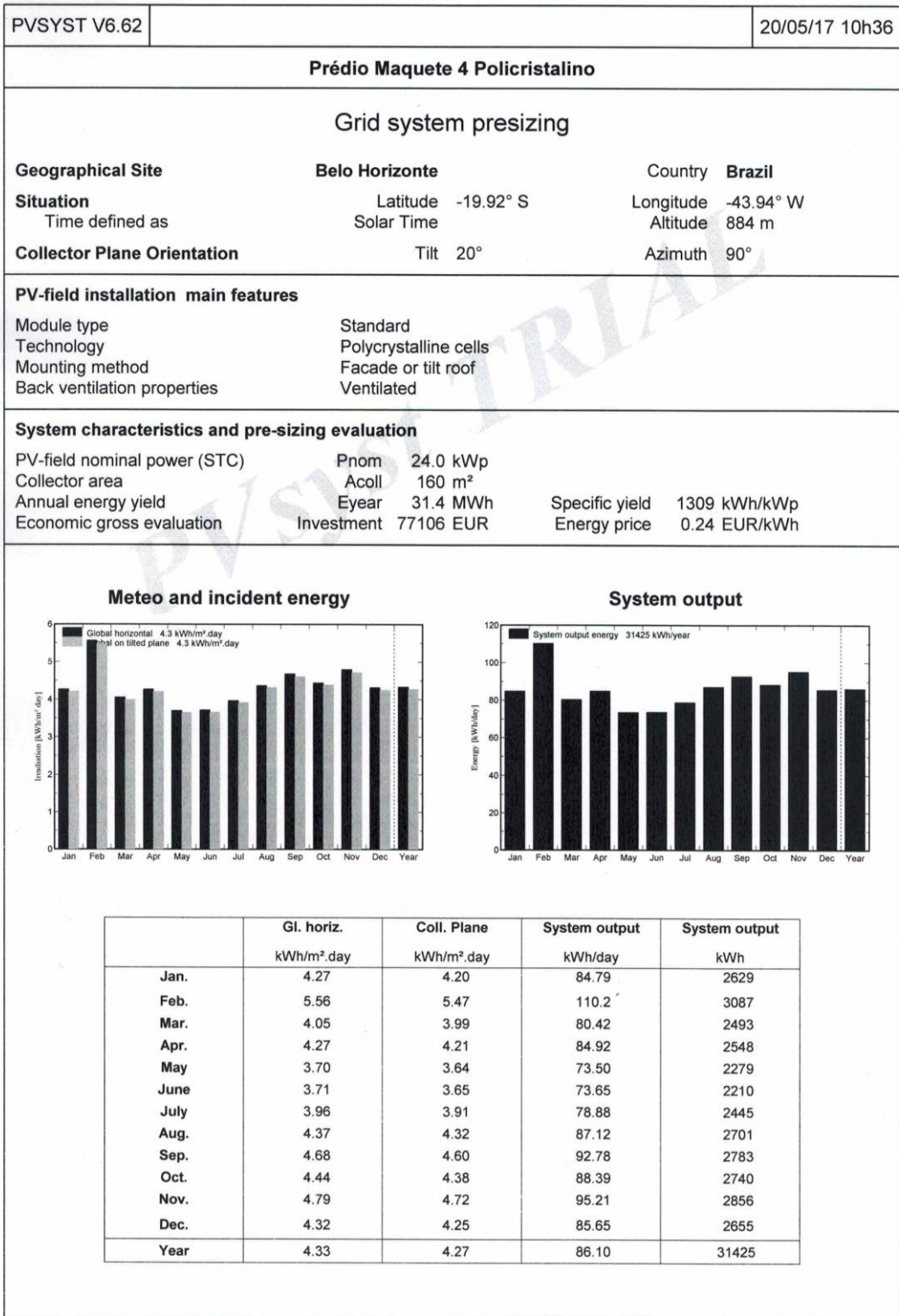
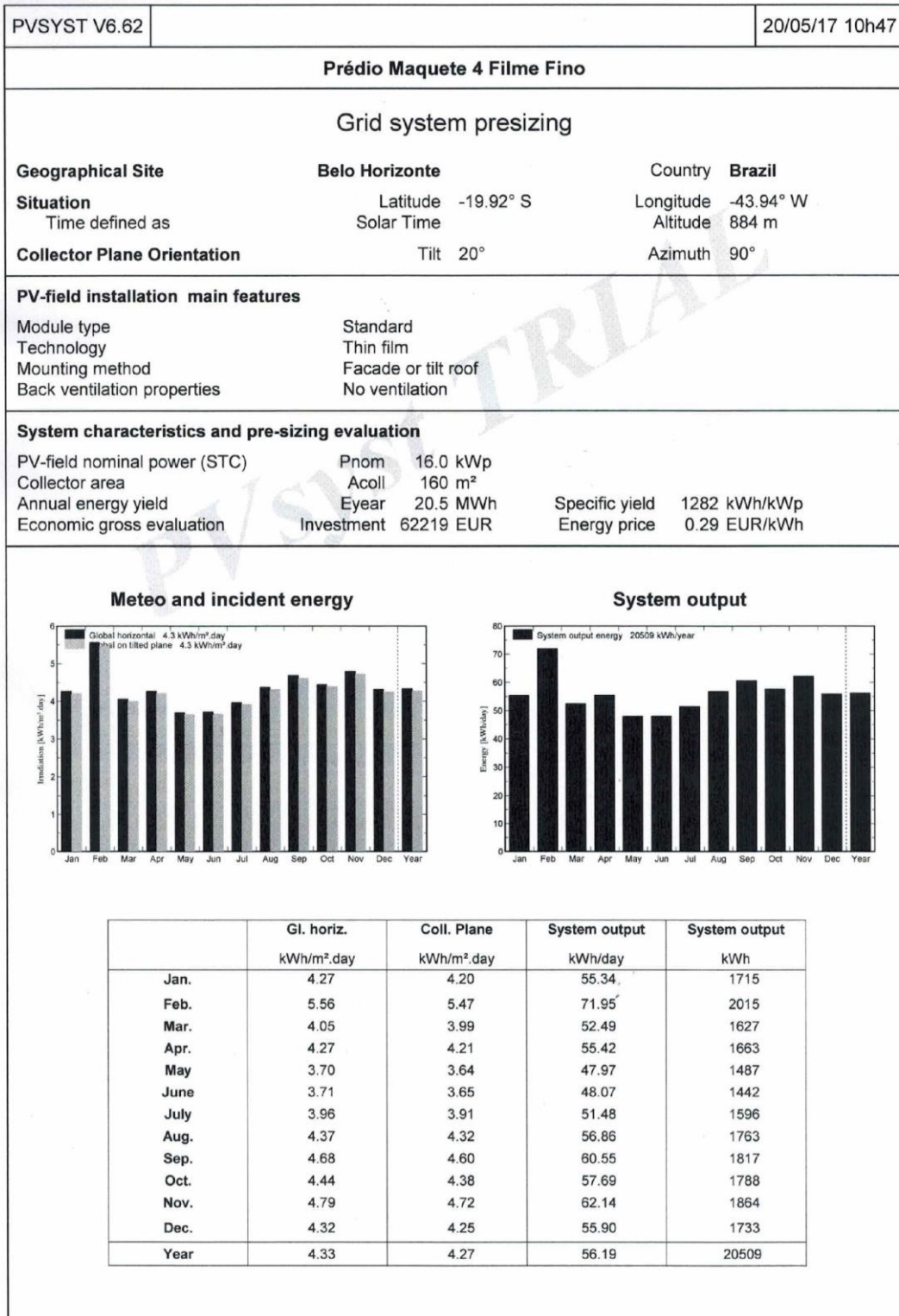


Figura 15 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 4 – Células Policristalinas
 Fonte: elaborado pela autora



PVsyset Evaluation mode

Figura 16 – Simulação PvSyst Prédio – Maquete 4 – Filme Fino
 Fonte: elaborado pela autora

4- Tabelas 11 a 15 – Médias mensais e anuais de produção de energia solar fotovoltaica

O excesso de informação produzido no Programa PVsyst e representado nas Tabelas de 1 a 10 levou à sintetização destes dados nas Tabelas 11 a 15, que apresentam a projeção da média mensal e anual de produção de energia solar fotovoltaica através das tecnologias de Células Monocristalinas, Policristalinas e Filme Fino.

Tabela 11 – Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Cobertura Loja

TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS MONOCRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
COBERTURA LOJA	188,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	30,1 kWp	106,30	138,20	100,80	106,40	92,12	92,31	98,86	109,20	116,30	110,80	119,30	107,30	107,90
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		3.294	3.869	3.125	3.193	2.856	2.769	3.065	3.385	3.489	3.434	3.580	3.328	39.386
TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS POLICRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
COBERTURA LOJA	188,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	28,2 kWp	99,63	129,50	94,49	99,79	86,36	86,54	92,68	102,40	109,00	103,90	111,90	100,60	101,20
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		3.089	3.627	2.929	2.994	2.677	2.596	2.873	3.174	3.271	3.220	3.356	3.120	36.925
TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA FILME FINO		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
COBERTURA LOJA	188,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	18,8 kWp	65,02	84,54	61,67	65,12	56,36	56,48	60,49	66,81	71,15	67,78	73,01	65,68	66,02
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.016	2.367	1.912	1.954	1.747	1.694	1.875	2.071	2.134	2.101	2.190	2.036	24.098

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 12 – Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 1

TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS MONOCRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 1	160,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	25,6 kWp	90,44	117,60	85,78	90,59	78,40	78,56	84,14	92,93	98,97	94,29	101,60	91,36	91,84
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.804	3.293	2.659	2.718	2.430	2.357	2.608	2.881	2.969	2.923	3.047	2.832	33.520
TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS POLICRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 1	160,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	24,0 kWp	84,79	110,20	80,42	84,92	73,50	73,65	78,88	87,12	92,78	88,39	95,21	85,65	86,10
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.629	3.087	2.493	2.548	2.279	2.210	2.445	2.701	2.783	2.740	2.856	2.655	31.425
TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA FILME FINO		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 1	160,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	16,0 kWp	55,34	71,95	52,49	55,42	47,97	48,07	51,48	56,86	60,55	57,69	62,14	55,90	56,19
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		1.715	2.015	1.627	1.663	1.487	1.442	1.596	1.763	1.817	1.788	1.864	1.733	20.509

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 13 – Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 2

TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS MONOCRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 2	133,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	21,3 kWp	75,18	97,75	71,31	75,30	65,17	65,30	69,94	77,25	82,27	78,38	84,42	75,94	76,34
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.331	2.737	2.211	2.259	2.020	1.959	2.168	2.395	2.468	2.430	2.533	2.354	27.864
TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS POLICRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 2	133,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	19,9 kWp	70,48	91,64	66,85	70,59	61,10	61,22	65,57	72,42	77,13	73,48	79,14	71,19	71,57
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.185	2.566	2.072	2.118	1.894	1.837	2.033	2.245	2.314	2.278	2.374	2.207	26.122
TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA FILME FINO		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 2	133,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	13,3 kWp	46,00	59,81	43,63	46,07	39,87	39,96	42,79	47,27	50,33	47,95	51,65	46,46	46,71
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		1.426	1.675	1.352	1.382	1.236	1.199	1.327	1.465	1.510	1.487	1.550	1.440	17.048

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 14 – Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 3

TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS MONOCRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 3	189,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	30,2 kWp	106,80	138,90	101,30	107,00	92,61	92,80	99,39	109,80	116,90	111,40	120,00	107,90	108,50
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		3.312	3.890	3.141	3.210	2.871	2.784	3.081	3.403	3.507	3.453	3.599	3.345	39.596
MÉDIA														
TECNOLOGIA CELULAS POLICRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 3	189,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	28,3 kWp	100,20	130,20	95,00	100,30	86,82	87,00	93,17	102,90	109,60	104,40	112,50	101,20	101,70
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		3.105	3.646	2.945	3.009	2.692	2.610	2.888	3.190	3.288	3.237	3.374	3.136	37.121
MÉDIA														
TECNOLOGIA FILME FINO		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 3	189,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	18,9 kWp	65,37	84,99	62,00	65,47	56,66	56,78	60,81	67,17	71,53	68,14	73,40	66,03	66,37
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.026	2.380	1.922	1.964	1.757	1.703	1.885	2.082	2.146	2.112	2.202	2.047	24.226

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 15 – Produção de Energia Solar Fotovoltaica – Prédio Maquete 4

TABELA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA														MÉDIA
TECNOLOGIA CELULAS MONOCRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 4	160,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	25,6 kWp	90,44	117,60	85,78	90,59	78,40	78,56	84,14	92,93	98,97	94,29	101,60	91,36	91,84
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.804	3.293	2.659	2.718	2.430	2.357	2.608	2.881	2.969	2.923	3.047	2.832	33.520
MÉDIA														
TECNOLOGIA CELULAS POLICRISTALINAS		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 4	160,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	24,0 kWp	84,79	110,20	80,42	84,92	73,50	73,65	78,88	87,12	92,78	88,39	95,21	85,65	86,10
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		2.629	3.087	2.493	2.548	2.279	2.210	2.445	2.701	2.783	2.740	2.856	2.655	31.425
MÉDIA														
TECNOLOGIA FILME FINO		PRODUÇÃO DIÁRIA (Kwh/DIA)												MENSAL
PRÉDIO MAQUETE 4	160,00 m ²	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	(Kwh/DIA)
POTÊNCIA DO SISTEMA	16,0 kWp	55,34	71,95	52,49	55,42	47,97	48,07	51,48	56,86	60,55	57,69	62,14	55,90	56,19
TOTAL MENSAL/ANUAL (kWh)		1.715	2.015	1.627	1.663	1.487	1.442	1.596	1.763	1.817	1.788	1.864	1.733	20.509

Fonte: elaborado pela autora