

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

LUCIANO D'AVILA DODL

**CADERNO DE BOAS PRÁTICAS PARA AS-IS BIM
USANDO LASER SCANNER FARO E REVIT**

**FLORIANÓPOLIS, SC
2018**

LUCIANO D'AVILA DODL

**CADERNO DE BOAS PRÁTICAS PARA AS-IS BIM
USANDO LASER SCANNER FARO E REVIT**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Prof^a. Ana Lígia Papst de Abreu, Dr^a
Coorientador: Prof. Rovane Marcos de França, Mestre

**FLORIANÓPOLIS, SC
2018**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Dodl, Luciano

Caderno de Boas Práticas para as-is BIM / Luciano

Dodl ; orientação de Ana Abreu; coorientação de Rovane França.
- Florianópolis, SC, 2018.

98 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.

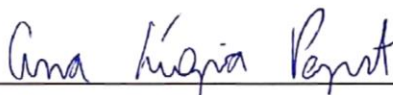
1. Modelagem da Informação da Construção (BIM). 2.
Escaneamento a laser 3D. 3. Nuvem de pontos. 4. as-is
BIM. I. Abreu, Ana. II. França, Rovane. III. Instituto
Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico
de Construção Civil. IV. Título.

CADERNO DE BOAS PRÁTICAS PARA AS-IS BIM USANDO LASER SCANNER FARO E REVIT

LUCIANO D'AVILA DODL

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Florianópolis, 13 de dezembro de 2018.



Profª. Ana Lígia Papst de Abreu, Drª



Prof. Rovane Marcos de França, Mestre



Prof. Lucas Bastianelo Scremin, Mestre



Prof. Samuel João da Silveira, Dr.

RESUMO

Muitas edificações existentes hoje em dia não possuem documentação de projetos atualizada de maneira a oferecer informações suficientes e precisas para fins de adequação, reformas ou ampliações. A tecnologia BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção) em conjunto com o escaneamento a *laser* 3D surge como uma solução para este problema. Este trabalho tem o objetivo de descrever como utilizar a tecnologia de escaneamento a *laser* 3D no levantamento de edificações e também como utilizar a nuvem de pontos resultante do escaneamento para uso na modelagem BIM. Para isso foi feito o levantamento de um edifício de múltiplos pavimentos utilizando equipamento de *laser scanner* 3D, gerada a nuvem de pontos e em seguida um modelo BIM contendo o estado atual da edificação, ou seja, o modelo *as-is* BIM. No decorrer da modelagem percebeu-se o dilema de obedecer fielmente a nuvem de pontos, representando as imperfeições construtivas da edificação, ou partir para a modelagem ortogonal, simplificando o modelo e sacrificando, de certa forma, a precisão do modelo. Optou-se pela modelagem ortogonal, considerando que muitas vezes uma precisão milimétrica não é necessária para o levantamento de edificações. Apesar disso e do serviço ter consumido muitas horas de trabalho e exigido recursos computacionais avançados, conclui-se como eficaz a integração dessas duas tecnologias para o levantamento e documentação de edificações existentes. Baseado nessa experiência prática elaborou-se um caderno de boas práticas descrevendo como planejar o serviço, escanear a edificação, processar as varreduras, exportar a nuvem de pontos e realizar a modelagem *as-is* BIM.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção (BIM). Escaneamento a *laser* 3D. Nuvem de pontos. *As-is* BIM.

ABSTRACT

Nowadays, many existing buildings have no up-to-date project documentation to provide sufficient and accurate information for purposes of adequacy, retrofit planning, or enlargement. Using 3D laser scanning with BIM technology comes as a solution to this problem. This work aims to describe how to use the 3D laser scanning technology in the survey of buildings and also how to use the point cloud resulting from the scanning for use in BIM modeling. For this, a storey building survey was done using a 3D laser scanner equipment and then a point cloud and a BIM model were generated containing the current state of the building, that is, the as-is BIM model. During the modeling process, the dilemma was observed to faithfully obey the point cloud, representing the building's constructive imperfections, or starting doing an orthogonal modeling, simplifying the model and sacrificing, in a certain way, the accuracy of the survey. The orthogonal modeling option has been chosen, considering that many times a millimeter precision is not necessary for building surveys. Despite this and the fact that the service has consumed many hours of work and required advanced computational resources, the integration of these two technologies for the survey and documentation of existing buildings was considered effective. Based on this practical experience, a set of good practices was written, describing how to plan the service, scan the building, process the scans, export the point cloud and perform as-is BIM modeling.

Key-words: Building Information Modeling (BIM). 3D laser scanning. Point cloud. As-is BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conversão de medições polares (D , α , β) para cartesianas (x , y , z)	14
Figura 2 - Exemplo de nuvem de pontos	14
Figura 3 - Tipos de <i>laser scanners</i>	16
Figura 4 - Sistemas baseados em diferença de fase	17
Figura 5 - BIM abrangendo todo o ciclo de vida da edificação	18
Figura 6 – Pilar metálico representado desde o LOD 100 até o 400	21
Figura 7- Planta baixa de edificação modelada sobre a nuvem de pontos	22
Figura 8 – Equipamentos utilizados	25
Figura 9 – Prédio do DACC destacado em laranja	26
Figura 10 – Planta baixa do pavimento térreo com posicionamento planejado de varreduras internas e alvos artificiais	26
Figura 12 – Vista de estrutura mostrando	29
Figura 13 – Arquivo CSV com as coordenadas UTM dos tabuleiros	30
Figura 14 – Grupos de varreduras do projeto DACC_1	31
Figura 15 – Vista de corte com definição dos níveis em relação a nuvem de pontos	32
Figura 16 – Exemplo de desvio entre a nuvem de pontos e uma modelagem ortogonal	34
Figura 17 – Modelo BIM do prédio do DACC	35
Figura 18 – Aplicativo portátil de visualização 360°:	37

LISTA DE SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>American Institute of Architects</i> (Instituto Americano de Arquitetos)
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Auxiliado por Computador)
CSV	Extensão de arquivo digital <i>Comma-Separated Values</i> (Valores separados por vírgula)
DACC	Departamento Acadêmico da Construção Civil
DWG	Extensão de arquivo digital do software AutoCAD
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
LOD	<i>Level of Development</i> (Nível de Desenvolvimento)
RCP	Extensão de arquivo digital de projetos de nuvem de pontos
RCS	Extensão de arquivo digital de nuvem de pontos
TOF	<i>Time of Flight</i> (Tempo de Voo)
UTM	Sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Justificativa.....	9
1.2	Objetivo geral	10
1.3	Objetivos específicos.....	11
1.4	Estrutura do trabalho de conclusão de curso	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	Escaneamento a <i>laser</i> 3D	13
2.1.1	Classificação dos sistemas de escaneamento a <i>laser</i> 3D.....	15
2.1.2	Precisão do levantamento	17
2.2	Modelagem da Informação da Construção.....	18
2.2.1	Níveis de desenvolvimento.....	20
2.3	Modelo <i>as-is</i> BIM.....	21
2.3.1	Desvio entre a nuvem de pontos e o modelo	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1	Equipamentos e softwares	24
3.2	Descrição da edificação estudada.....	25
3.3	Planejamento	26
3.4	Escaneamento	28
3.5	Processamento	29
3.6	Exportação da nuvem de pontos.....	31
3.7	Modelagem BIM	32
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
4.1	Conclusões.....	38
4.2	Recomendação para trabalhos posteriores.....	39
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A.....	43
	ANEXO A	44

1 INTRODUÇÃO

Uma necessidade comum entre gestores de infraestrutura é a disponibilidade e confiabilidade das informações sobre os diversos sistemas existentes em uma edificação. Ainda hoje, apesar da popularização de ferramentas CAD (*Computer Aided Design*, ou Projeto Auxiliado por Computador), não é raro encontrar problemas em documentações de edificações como: a) ausência de projeto *as-built* (como construído); b) pranchas desatualizadas; c) pranchas extraviadas; d) desenhos muito simplificados.

Atender às demandas de infraestrutura, sejam elas de adequação, reforma ou novo projeto, baseando-se em informações desatualizadas e incompletas, é um erro recorrente. Tal erro gera um alto risco de imprevistos e problemas na execução, atrasando cronogramas e aumentando os custos finais dos serviços. Uma solução para isso é o uso da tecnologia BIM para modelagem sobre a nuvem de pontos de escaneamento a laser 3D, para geração do modelo *as-is*, ou *as-is* BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção).

Diferente do termo *as-built* (como construído), que se refere de forma mais adequada a documentação da edificação durante a obra e/ou logo após sua conclusão, o termo modelo *as-is* (como está) vem sendo utilizado nos dias de hoje para designar o levantamento realizado com escaneamento a laser 3D do estado atual de uma edificação, feito, na maioria das vezes, muito tempo após sua conclusão (GROETELAARS, 2015).

1.1 Justificativa

Em maio de 2018, o Governo Federal através do Decreto nº 9.377/2018, instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil, tendo por objetivo além da difusão desta tecnologia, “promover um ambiente adequado ao investimento em Building Information Modeling – BIM” (BRASIL, 2018). O estado de Santa Catarina vem, desde 2014, trabalhando em ações para implantação da tecnologia BIM em obras públicas e foi o primeiro estado brasileiro a exigir o uso da tecnologia em um

processo de licitação, que foi o caso do projeto da nova sede do Instituto de Cardiologia (SANTA CATARINA, 2018).

Atualmente já é comum a utilização de BIM em novos projetos, porém para adequações, reformas, ou ampliações o projetista ainda se depara com plantas desatualizadas ou mesmo inexistentes, gerando a necessidade de levantamentos atuais, rápidos e precisos. Para atender à essa demanda pode-se utilizar o escaneamento a *laser* 3D no levantamento do estado atual da edificação resultando em uma nuvem de pontos que serve de base para a geração do modelo *as-is* BIM.

Segundo Lu e Lee (2017), criar um modelo *as-is* BIM de uma edificação é considerado um processo demorado, que exige grande esforço e pessoal capacitado. Principalmente por ser uma tecnologia ainda pouco difundida no Brasil, há carência de literatura ou cursos em português especializados em escaneamento a *laser* 3D integrado ao BIM. Nesse contexto considera-se relevante o desenvolvimento de materiais didáticos sobre o assunto.

O levantamento do estado atual de edificações pode ser realizado utilizando-se de outras ferramentas, como trenas, estações totais, níveis digitais, porém, a utilização de *laser scanners* para este fim possibilita de uma só vez obter uma grande quantidade de informações. Além de se poder extrair as medidas do ambiente a tecnologia possibilita a visualização 360° dos ambientes, verificação de deformações e imperfeições construtivas de maneira rápida e prática. Em se tratando de edificações existentes, um levantamento feito com escaneamento a *laser* 3D (levantamento *as-is*) é, atualmente, o que mais se aproxima de projetar como se estivesse na própria edificação.

1.2 Objetivo geral

Este trabalho tem o objetivo de elaborar um caderno de boas práticas para *as-is* BIM a partir do levantamento de uma edificação existente utilizando escaneamento a *laser* 3D.

1.3 Objetivos específicos

Para execução deste trabalho, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever como utilizar a tecnologia de escaneamento a *laser* 3D no levantamento de edificações;
- b) Descrever como utilizar nuvens de pontos resultantes do escaneamento para modelagem BIM;
- c) Elaborar o caderno de boas práticas relatando o processo a partir de um estudo de caso;
- d) Modelar o *as-is* BIM de uma edificação.

1.4 Estrutura do trabalho de conclusão de curso

Este trabalho está dividido em 4 capítulos. O primeiro traz a justificativa e os objetivos do trabalho. O segundo apresenta a fundamentação teórica, dividida em três partes: a) Escaneamento a *laser* 3D; b) Modelagem da Informação da Construção; c) Modelo *as-is* BIM. O terceiro capítulo contém os materiais e métodos que foram empregados para cumprimento dos objetivos. Por fim, no quarto capítulo constam as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

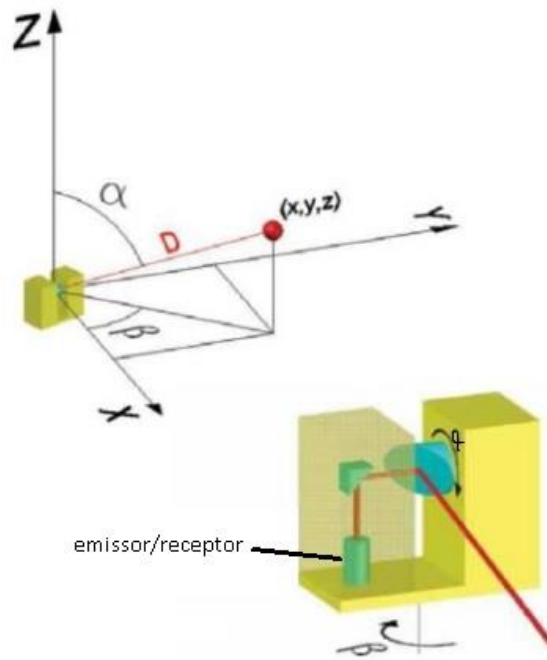
Este capítulo é composto por três itens principais: 1) Escaneamento a *laser* 3D; 2) Modelagem da Informação da Construção; 3) Modelo *as-is* BIM. Primeiro é descrita a tecnologia de escaneamento a *laser* 3D, falando sobre sua classificação e fatores que influenciam na precisão do levantamento. Em seguida conceitua-se a tecnologia BIM e seus níveis de desenvolvimento. Por fim, descreve-se o conceito de *as-is* BIM, tema central deste trabalho.

2.1 Escaneamento a *laser* 3D

O escaneamento a *laser* 3D pode ser definido como uma “[...] tecnologia de digitalização tridimensional usando um feixe laser que é direcionado aos objetos e permite capturar, visualizar e modelar tridimensionalmente cenas complexas com rapidez e alta precisão [...]” (CENTENO; WUTKE; KERSTING, 2004, p. 2).

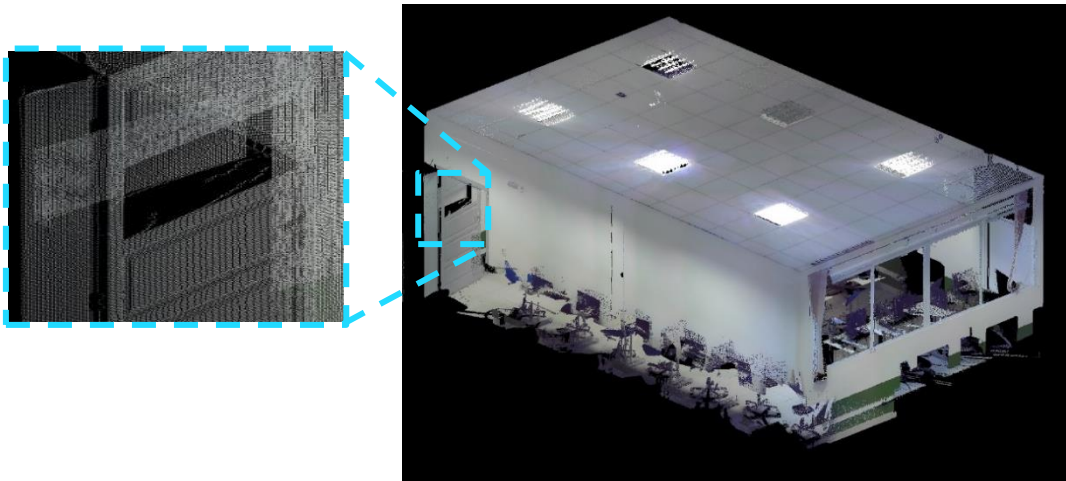
O equipamento de *laser scanner* 3D dispara milhares de pulsos de laser por segundo por varredura, que atingem os objetos à sua volta e retornam ao equipamento. Cada pulso que é disparado, atinge um objeto e volta, é registrado como um ponto em coordenadas polares (ângulos e distâncias), que posteriormente são convertidas em coordenadas cartesianas (x, y e z), tendo como referência o emissor/receptor do *laser scanner* (Figura 1). Ao final de cada varredura obtêm-se uma nuvem de pontos (Figura 2), que são centenas de milhares de medições representadas por pontos no espaço formando os objetos escaneados.

Figura 1 - Conversão de medições polares (D , α , β) para cartesianas (x , y , z)



Fonte: França (2012)

Figura 2 - Exemplo de nuvem de pontos



Fonte: autor

2.1.1 Classificação dos sistemas de escaneamento a *laser* 3D

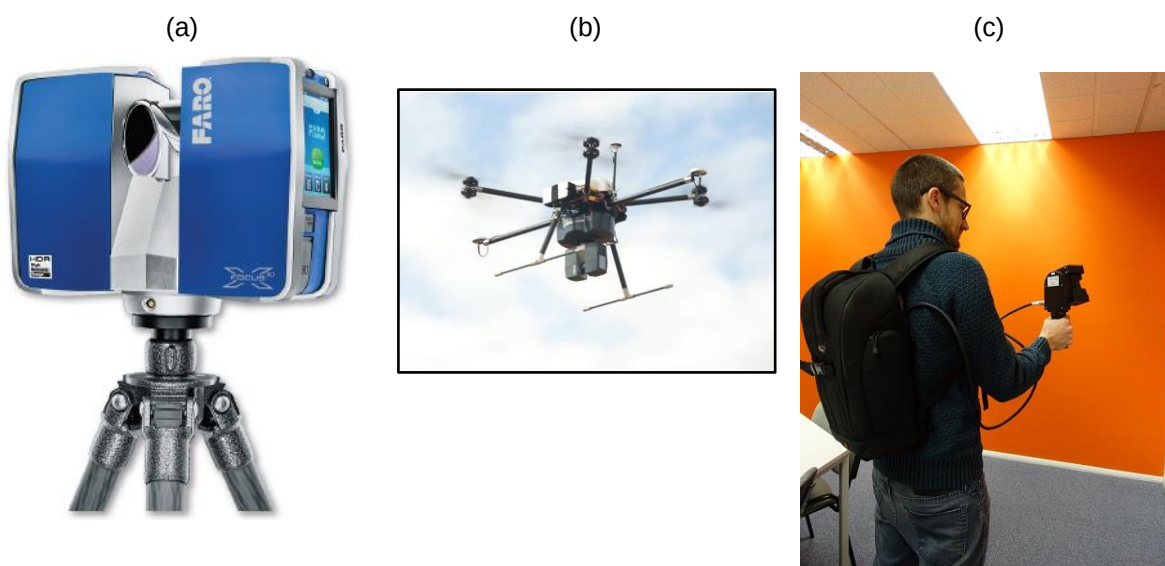
Segundo Groetelaars (2015), os sistemas de escaneamento a *laser* 3D podem ser classificados em função da forma de medição dos pontos, do alcance e do posicionamento do equipamento. Com relação à forma de medição dos pontos, os equipamentos são baseados nas seguintes tecnologias: a) tempo de voo (do inglês *Time of Flight* - TOF); b) mudança de fase (do inglês *Phase Shift*); c) triangulação.

Com relação ao alcance, podem ser classificados em: a) muito longo - mais de 3500 m; b) longo - até 3500 m; c) médio - até 500 m; d) curto - até 120 m; e) muito curto - até 25 m (GROETELAARS, 2015).

Com relação ao posicionamento do equipamento, Dalmolin e Santos (2004) classificam os sistemas de escaneamento a *laser* 3D em dois tipos: estático e dinâmico. O tipo estático, também conhecido como *laser scanner* terrestre (Figura 3a), é instalado em bases fixas e é o tipo normalmente utilizado em levantamentos para AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação). Já o dinâmico caracteriza-se por executar medições em movimento, onde o *laser scanner* é instalado em veículos como automóveis ou aeronaves (Figura 3b).

Atualmente há um novo tipo de *laser scanner* dinâmico, porém voltado para levantamento de edificações, no qual o operador caminha com o equipamento pelo edifício ao mesmo tempo que o escaneamento é realizado (Figura 3c).

Figura 3 - Tipos de *laser scanners*: a) *laser scanner* estático; b) *laser scanner* dinâmico instalado em drone; c) *laser scanner* dinâmico para edificações



Fonte: (a) FARO (2016);

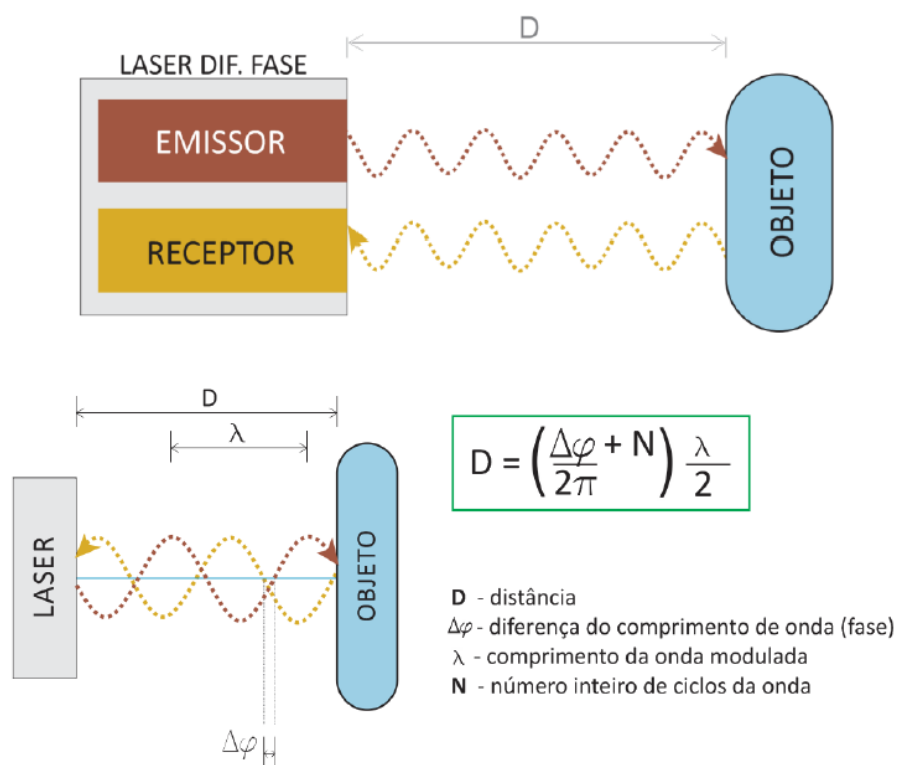
(b) <http://www.sabresurvey.com/sky-pod-s120.html>;

(c) <https://mksurveys.com/about/news/73-may-2016-lidarnews-mk-surveys-in-the-news-again>. Acesso em: 30 de mar. 2018

O equipamento de *laser scanner* utilizado neste trabalho foi o modelo Focus 3D X 330, do fabricante FARO. Esse equipamento é do tipo estático, com alcance médio (até 330 m) e utiliza a tecnologia de mudança de fase para medição dos pontos.

Groetelaars (2015) explica que, nos sistemas que utilizam a tecnologia de mudança de fase, a distância entre o *scanner* e os objetos é medida através da comparação das fases dos sinais emitidos e recebidos, conforme ilustrado na Figura 4. Para garantir a precisão da leitura é necessário que o equipamento trabalhe com mais de um comprimento de onda. Segundo Gonçalves (2007), os *scanners* do fabricante FARO utilizam três comprimentos de onda, de 76, 9,6 e 1,2 metros.

Figura 4 - Sistemas baseados em diferença de fase



Fonte: Groetelaars (2015)

Equipamentos que trabalham com a tecnologia de mudança de fase geralmente são mais rápidos, porém têm menores alcances se comparados com os que utilizam a tecnologia TOF (GONÇALES, 2007).

2.1.2 Precisão do levantamento

A precisão de um levantamento realizado com escaneamento a *laser* 3D está relacionado a diversos fatores, como distância entre o equipamento e os objetos escaneados, refletância das superfícies, obliquidade dos ângulos de leitura e à própria resolução do equipamento (BEIRÃO, 2011).

Quanto a distância e obliquidade dos ângulos de leitura entre o equipamento e os objetos, um levantamento mais preciso exigiria maior número de varreduras e análise mais detalhada do ambiente, a fim de definir as melhores posições para o *scanner*. Esses fatores dependem diretamente da habilidade do

operador. O fator refletância das superfícies não pode ser completamente controlado, porém pode ser mitigado evitando o escaneamento de superfícies muito claras com alta incidência de luz solar ou superfícies escuras a longas distâncias (VOEGTLE e WAKALUK, 2009). Por fim, o fator resolução do equipamento é limitado a faixa de ajuste disponível em cada *scanner*. A resolução deve ser selecionada da forma mais adequada para cada varredura, que irá depender diretamente dos fatores distância e obliquidade, apresentados anteriormente.

As exigências de precisão são diferentes para cada projeto e a decisão sobre como atendê-las baseia-se principalmente nesses quatro fatores: a) Distância dos objetos; b) Refletância das superfícies; c) Obliquidade dos ângulos de leitura; d) Resolução do equipamento.

2.2 Modelagem da Informação da Construção

O BIM é uma tecnologia que evoluiu dos sistemas CAD 3D para suprir a demanda do mercado de AECO, que precisava de algo que fosse capaz de manter e integrar as informações das edificações, não somente da fase de projeto, mas de todo o seu ciclo de vida. A Figura 5 ilustra a abrangência do BIM, que pode ir desde a concepção até a demolição.

Figura 5 - BIM abrangendo todo o ciclo de vida da edificação



Fonte: <http://softwarebim.com.br/revit-e-bim>. Acesso em: 18 de out. 2018.

Para Eastman et al. (2014, p. 13), BIM é “[...] uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.” Os modelos de construção são caracterizados por: a) componentes de construção, que são objetos inteligentes que “sabem” o que são e que podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas; b) componentes com dados que descrevem seu comportamento, permitindo análises e processos de trabalho, por exemplo, quantificação, especificação e análise energética; c) dados consistentes e não redundantes de forma que alterações de parâmetros de um objeto sejam aplicadas a todas as instâncias do objeto em todo o projeto; d) dados coordenados, de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

Eastman et al. (2014) acrescenta que, um modelo BIM pode ser descrito por seu conteúdo (quais objetos ele descreve) ou por suas capacidades (a que tipos de requisitos de informação ele pode dar suporte), sendo essa última abordagem preferível, pois ela define a utilidade do modelo, não se limitando a uma simples base de dados.

O conceito de modelo é um dos principais fatores que diferenciam o BIM da forma tradicional de representação de projetos, porém, o conceito de objetos paramétricos também é um ponto central desta tecnologia. Um modelo composto por objetos paramétricos não representa objetos com geometrias e propriedades fixas, mas sim objetos por parâmetros que determinam a geometria, mas também características como por exemplo, material, propriedades termoacústicas, peso, custos de produção/instalação, entre outros. Além disso, objetos paramétricos possuem regras, que definem em que contexto eles podem ser usados e de que forma eles se conectam aos objetos vizinhos (EASTMAN et al., 2014).

Há também o conceito de níveis de desenvolvimento, importante para o entendimento do BIM.

2.2.1 Níveis de desenvolvimento

Level of Development (LOD), ou nível de desenvolvimento, é um conceito utilizado para classificação de modelos BIM quanto ao tipo, quantidade e características das informações contidas nele a medida em que é desenvolvido (GROETELAARS, 2015).

É importante salientar que LOD é uma característica de elemento e não de um projeto. Manzione (2018) explica que modelos de projeto, em qualquer estágio de entrega, conterão elementos em vários níveis de desenvolvimento. Porém, a conclusão da fase de projeto ou qualquer outro marco ou entrega, pode ser definida pelo conceito de LOD.

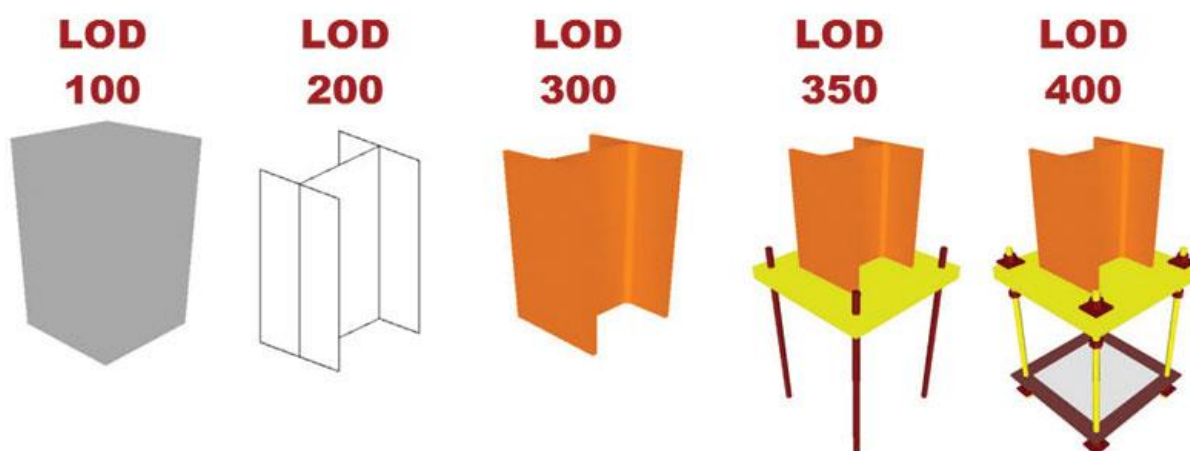
A American Institute of Architects (2018) define os níveis de desenvolvimento de modelos BIM conforme descrito abaixo:

- **LOD 100:** os elementos do modelo são representados por símbolos ou formas genéricas. Esses símbolos mostram a existência de um elemento, mas não representam de maneira precisa sua forma, tamanho e localização. Elementos nesse nível de desenvolvimento caracterizam modelos em fase de estudo de massa;
- **LOD 200:** elementos do modelo são representados por sistemas genéricos com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação mais próximos da realidade. Elementos do modelo podem conter também informações não geométricas. Elementos nesse nível de desenvolvimento caracterizam modelos em fase de anteprojeto;
- **LOD 300:** elementos do modelo são representados geometricamente de maneira precisa em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Também podem conter informações não geométricas. No LOD 300 os modelos já servem para geração de desenhos e documentação do projeto. Elementos nesse nível de desenvolvimento caracterizam modelos em fase de projeto legal ou projeto básico;
- **LOD 350:** é semelhante ao LOD 300 porém os elementos contêm informações de interface com outros elementos vizinhos, como por exemplo, ligações e conexões.

- **LOD 400:** elementos do modelo são representados geometricamente de maneira precisa em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação, além de conterem informações detalhadas sobre sua execução, montagem ou fabricação. Nesse nível de desenvolvimento o modelo é uma representação virtual fiel do que se propõem para o projeto executivo.

A American Institute of Architects (2018) explica ainda o conceito de LOD 500, que é a representação dos elementos conforme verificação em campo após construção e por isso o LOD 500 não se refere à uma fase do projeto. Levantamentos *as-built* e *as-is* são considerados LOD 500 e normalmente são utilizados para fins de manutenção e operação das edificações. A Figura 6 ilustra a representação geométrica de um mesmo objeto em diferentes LODs.

Figura 6 – Pilar metálico representado desde o LOD 100 até o 400

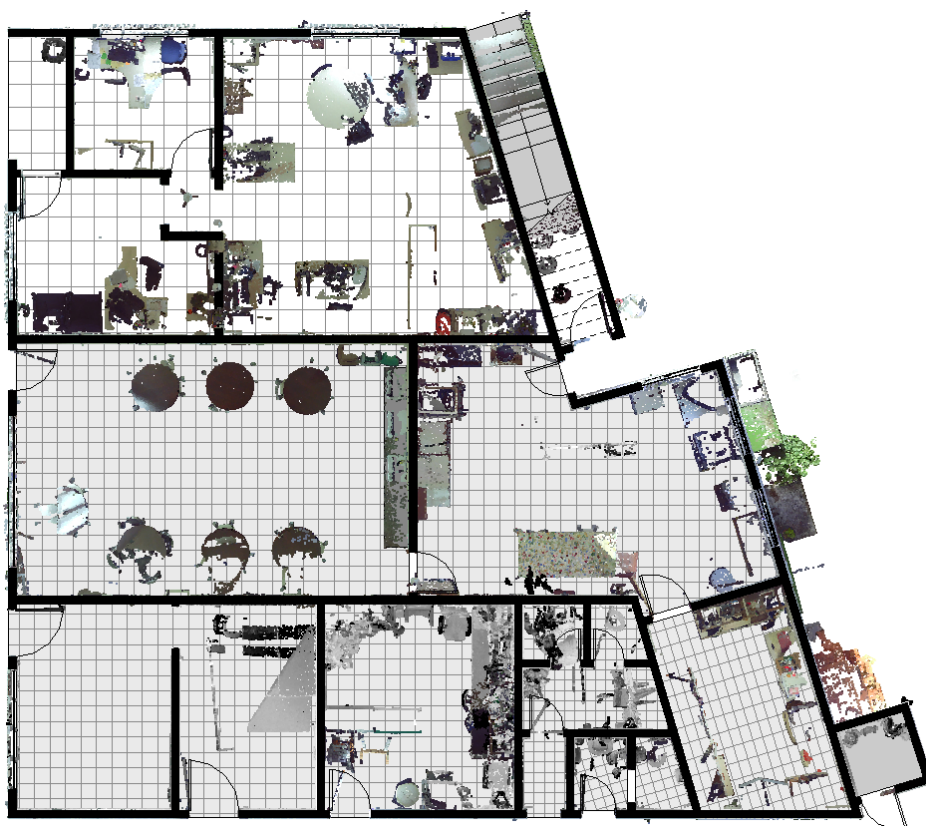


Fonte: <https://www.structuremag.org/?p=558>. Acesso em: 18 de set. 2018.

2.3 Modelo *as-is* BIM

O termo “*as-is* BIM” surgiu da união das tecnologias BIM com o escaneamento a *laser* 3D. Um modelo *as-is* (como está) é o resultado da modelagem BIM sobre a nuvem de pontos (Figura 7), resultante do escaneamento a *laser* 3D (ANIL et al., 2011).

Figura 7- Planta baixa de edificação modelada sobre a nuvem de pontos



Fonte: autor

O termo “*as-is*” não deve ser confundido com “*as-built*”. O modelo *as-built* representa o estado da edificação durante a obra ou logo após sua conclusão, já o modelo *as-is* representa o estado atual da edificação, feito, na maioria das vezes, muito tempo após sua conclusão (GROETELAARS, 2015).

2.3.1 Desvio entre a nuvem de pontos e o modelo

Uma característica intrínseca ao conceito de *as-is* BIM é o desvio geométrico da modelagem em relação a nuvem de pontos do escaneamento. Ao se carregar a nuvem de pontos em um software de modelagem logo se observam paredes fora de esquadro, pilares desaprumados, desnivelamentos, entre outros. O modelador se depara com uma limitação comum dos softwares BIM, que é a utilização de geometrias e métodos de modelagem simplificados, visando a produtividade. Como por exemplo, uma parede é modelada a exatos 90° em relação ao piso, sem

que o modelador necessite especificar isso, o traçado preciso de uma segunda parede é facilitado por recursos de detecção automática de perpendicularidade ou paralelismo.

Normalmente, os softwares BIM possuem ferramentas para modelagem de objetos irregulares, porém, a representação de imperfeições construtivas ou deformações da edificação poderá demandar um tempo de trabalho extremamente elevado, além de aumentar os custos e gerar arquivos digitais muito grandes, difíceis de se utilizar e sem ganho técnico relevante.

Caso haja a necessidade de mensuração do desvio geométrico, existem softwares capazes de comparar o modelo *as-is* com a nuvem de pontos, como o Point Layout, para Revit ou o SKUR. Esse último funciona como um serviço na internet, onde o cliente carrega os arquivos de nuvem de pontos e do modelo, especifica as tolerâncias e executa a análise, gerando um relatório ao final com os desvios relevantes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a metodologia e a infraestrutura empregadas no trabalho, listando os equipamentos e softwares utilizados e descrevendo a edificação escolhida para o estudo. Em seguida são descritas cada etapa do trabalho, que são: a) Planejamento; b) Escaneamento; c) Processamento; d) Exportação da nuvem de pontos; e) Modelagem BIM. A elaboração do Caderno de Boas Práticas ocorreu simultaneamente as etapas de “a” até “e”.

3.1 Equipamentos e softwares

Os principais equipamentos e softwares utilizados neste trabalho foram:

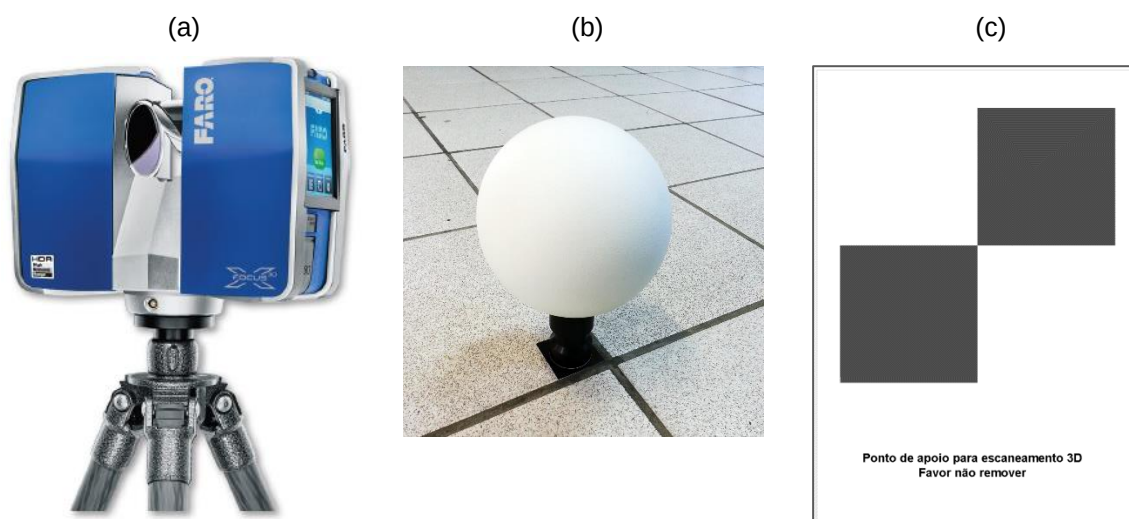
- Equipamento *laser scanner* FARO Focus 3D X 330 (Figura 8a);
- Kit de esferas FARO com diâmetro de 140 mm (Figura 8b);
- Alvos de tabuleiro em tamanho A4 (Figura 8c);
- Computador com processador de quatro núcleos físicos de 2,5 GHz, 16 GB de memória RAM, placa de vídeo dedicada com 2 GB de memória gráfica e disco rígido do tipo HDD de 1 TB;
- Software FARO Scene, versão 7.1, para processamento das varreduras;
- Software Autodesk Revit, versão 2019, para modelagem BIM.

O *laser scanner* da FARO foi escolhido para o trabalho pelo fato de ser o equipamento deste tipo disponível no laboratório de Topografia do IFSC. A escolha do software Revit para a modelagem BIM se deu não apenas pela disponibilidade de licença gratuita para estudantes, mas também por este ser o software BIM utilizado nas unidades curriculares de projetos do curso de Engenharia Civil do IFSC.

Com exceção da aquisição das coordenadas georreferenciadas descritas no item 3.3, todo o trabalho, desde o planejamento até a modelagem BIM, foi realizado por uma única pessoa.

As especificações técnicas do laser scanner FARO Focus 3D X 330 estão no Anexo A.

Figura 8 – Equipamentos utilizados: a) *laser scanner* FARO;
b) esfera d=140mm; c) tabuleiro tamanho A4



Fonte: (a) FARO (2016); (b) autor; (c) autor

3.2 Descrição da edificação estudada

A edificação escolhida para este trabalho foi o bloco H do IFSC, câmpus Florianópolis, onde situa-se o DACC (Departamento Acadêmico da Construção Civil) (Figura 9). A edificação possui quatro pavimentos, com espaços de laboratório, salas de aula e escritório, totalizando 2240 m² de área. A escolha dessa edificação foi em função da falta de plantas atualizadas, além de que os desenhos existentes estão apenas em plantas baixas (duas dimensões).

Figura 9 – Prédio do DACC destacado em laranja

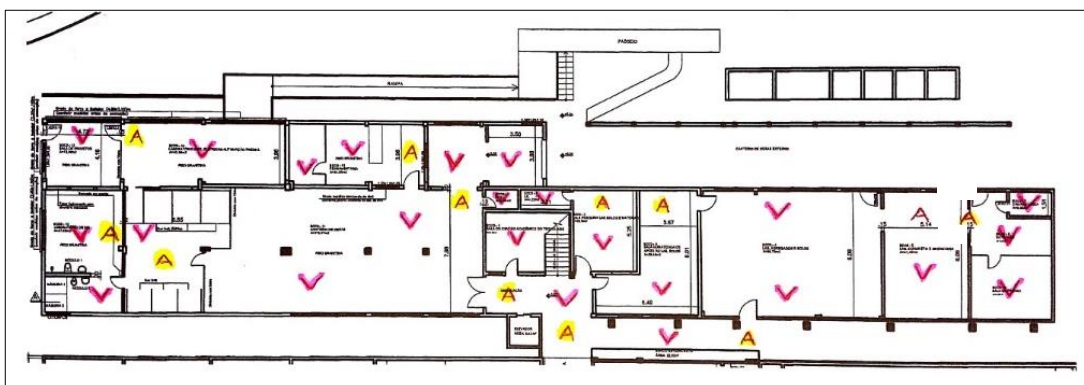


Fonte: autor

3.3 Planejamento

Para o planejamento buscou-se com a Coordenadoria de Engenharia da instituição o que havia de mais atual com relação a documentação da edificação. Havia disponível em formato digital DWG plantas baixas de todos os pavimentos, que foram utilizadas para definir o posicionamento das varreduras e alvos artificiais (esferas e tabuleiros). A Figura 10 mostra o posicionamento planejado para as varreduras (letras V) e para os alvos (letras A) de um pavimento.

Figura 10 – Planta baixa do pavimento térreo com posicionamento planejado de varreduras internas e alvos artificiais



Fonte: autor

O layout interno da edificação é muito compartimentado e com vários corredores estreitos. Devido a isso, optou-se por utilizar alvos artificiais como pontos em comum entre as varreduras, para facilitar o posicionamento uma em relação a outra, posteriormente na etapa de processamento. O método nuvem a nuvem também foi utilizado, porém apenas em ambientes externos e salas amplas onde foram necessárias mais de uma varredura. O método nuvem a nuvem também foi empregado para posicionar os grupos de varredura de cada pavimento entre si. Na etapa de escaneamento, algumas posições de varreduras e de alvos artificiais tiveram que ser modificadas em relação ao planejado devido à interferência do mobiliário dos ambientes.

Os conceitos sobre alvos artificiais e nuvem a nuvem estão descritos em maiores detalhes no Apêndice A, capítulos 2.4 e 2.5, respectivamente.

Foram utilizados ainda alvos de tabuleiro para georreferenciar a nuvem de pontos, nesse caso chamados de “objetos de referência externa”. Em um ponto georreferenciado, posicionado no pátio atrás do prédio, foi estacionada uma estação total e com ela medidas as coordenadas UTM de dois tabuleiros instalados nas paredes internas de salas de aula dos dois extremos da edificação. A Tabela 1 apresenta as coordenadas UTM desses tabuleiros.

Tabela 11 – Coordenadas UTM dos tabuleiros

Tabuleiro	Leste	Norte	Elevação
204	742600.952	6945283.326	19.54
211	742610.384	6945346.150	19.66
Datum SIRGAS2000/Fuso 22/Hemisfério Sul			

Fonte: autor

Maiores detalhes sobre o processamento de varreduras utilizando objetos de referência externa estão descritos no Apêndice A, Capítulo 3, item 3.2.3.

Quanto a resolução das varreduras, utilizou-se principalmente a recomendação do fabricante FARO para ambientes internos de até 10 m, que é a resolução 1/8 e qualidade 3x. Essa resolução significa que a distância entre os pontos em um objeto localizado a 10 m do *laser scanner* será de 12,3 mm. Para algumas varreduras externas utilizou-se a resolução 1/4 recomendada pela FARO para

ambientes externos onde a distância entre os objetos e o *laser scanner* é superior a 20 m.

Maiores detalhes sobre perfis de resolução de varreduras são apresentados no Apêndice A, Capítulo 1, Tabela 1.

3.4 Escaneamento

Para evitar a obstrução das varreduras causada pelo trânsito de pessoas, optou-se por realizar o escaneamento interno do prédio do DACC aos sábados, quando não há expediente no departamento. Algumas varreduras externas foram realizadas durante a semana, já que o trânsito de pessoas em ambientes externos não interfere significativamente no escaneamento. A Tabela 2 apresenta como foram divididos os grupos de varreduras e o tempo de escaneamento de cada grupo.

Tabela 2 – Grupos de varreduras e tempos de execução

Grupo de varreduras	Quantidade de varreduras	Tempo de escaneamento*
ESCADA**	7	0h50min
TÉRREO***	49	5h30min
1° PAV	23	4h40min
2° PAV	24	5h20min
3° PAV	12	1h45min
Total	115	18h05min

Fonte: autor

* Os valores apresentados na coluna “Tempo de escaneamento” se referem ao tempo total de escaneamento do respectivo grupo de varreduras, que inclui a duração das varreduras em si e o tempo de deslocamento horizontal e vertical na edificação, nivelamento do tripé e locação de alvos artificiais.

** O grupo de varreduras ESCADA se refere a toda a prumada de escadas, desde o pavimento térreo até o 3° pavimento.

*** O grupo de varreduras TÉRREO se refere as varreduras internas e externas do pavimento Térreo.

Apesar do tempo de execução de uma varredura com cor ser muito superior ao tempo de execução em tons de cinza (pode ser de 20% a 250% maior, dependendo da resolução), optou-se por executá-las com cor por motivos didáticos. Apenas varreduras de ambientes menos relevantes ou sem iluminação foram executadas em tons de cinza, como patamares de escadas, banheiros e coberturas.

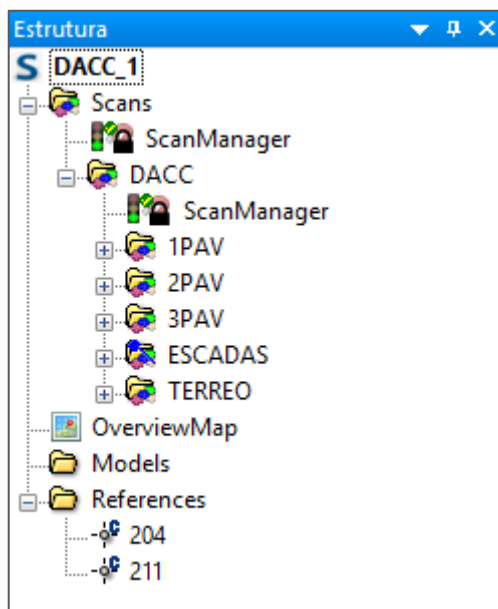
Maiores detalhes sobre varreduras com ou sem cor são apresentados no Apêndice A, Capítulo 2, item 2.6.

Ao término dos trabalhos de campo as 115 varreduras somaram um total de dados digitais de 8,2 GB.

3.5 Processamento

Ao término do escaneamento de cada pavimento, os arquivos digitais correspondentes às varreduras foram copiados para o computador e processados utilizando o software Scene. Optou-se por processar as varreduras dos pavimentos em um projeto separado para cada um deles, importando e unindo-os em um único projeto final chamado DACC_1, como mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Vista de estrutura mostrando agrupamento de varreduras após importação

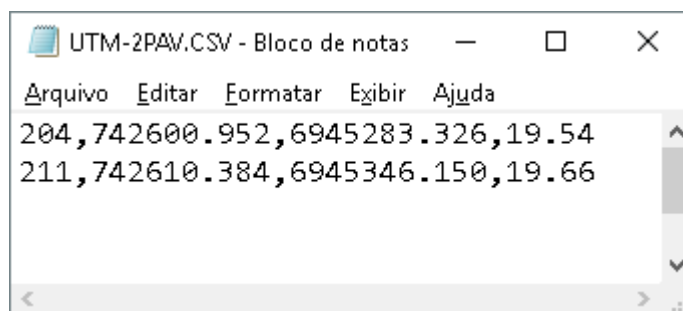


Fonte: autor

Na Figura 12 pode-se verificar abaixo da pasta *References* os dois objetos de referência externa utilizados para georreferenciamento da nuvem de pontos. A Figura 13 mostra o arquivo digital CSV com as coordenadas UTM desses dois objetos. Na primeira linha, o 204 se refere ao nome do ponto (nomeado manualmente para

corresponder a sala onde o tabuleiro se encontra), 742600.952 a coordenada Leste, 6945283.326 a coordenada Norte e 19.54 a altitude do ponto.

Figura 13 – Arquivo CSV com as coordenadas UTM dos tabuleiros



Fonte: autor

A Tabela 3 apresenta o tempo de processamento de cada grupo e o tempo total de processamento do projeto.

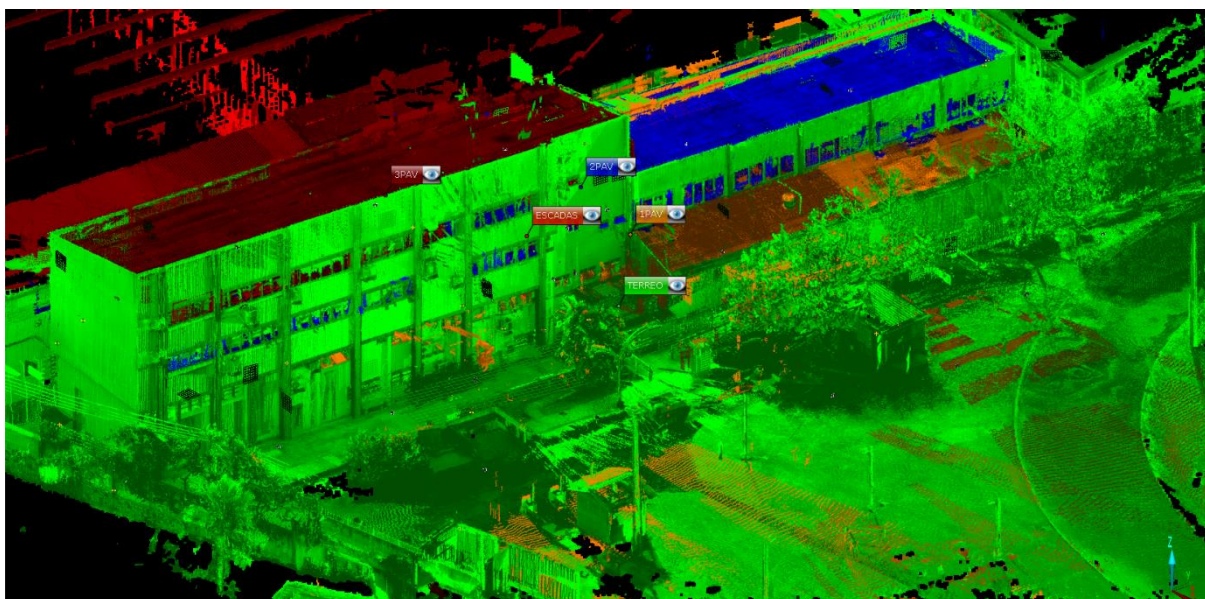
Tabela 3 – Grupos de varreduras e tempos de processamento

Grupo de varreduras	Quantidade de varreduras	Tempo de processamento
ESCADA	7	0h20min
TÉRREO	49	5h30min
1° PAV	23	1h20min
2° PAV	24	1h45min
3° PAV	12	0h50min
DACC_1	115	0h35min
Total		10h20min

Fonte: autor

A Figura 14 mostra a vista de correspondência do Scene com os cinco grupos de varredura devidamente posicionados. Em verde vê-se o grupo TÉRREO, em laranja o 1° PAV, em azul o 2° PAV e em vermelho o 3° PAV.

Figura 14 – Grupos de varreduras do projeto DACC_1



Fonte: autor

Após concluído, o conjunto de arquivos digitais que formam o projeto de escaneamento DACC_1 no Scene totalizou 44 GB.

3.6 Exportação da nuvem de pontos

Após o término do processamento iniciou-se a preparação da nuvem de pontos para exportação, removendo pontos fantasmas e duplicados. Dentre os formatos de arquivo de nuvem de pontos suportados pelo Revit, o RCS e o RCP, optou-se pelo RCP, já que sua utilização resulta em um desempenho computacional superior comparado ao RCS.

A Tabela 4 apresenta o tempo de exportação e o tamanho do arquivo digital de nuvem de pontos de cada grupo de varreduras.

Tabela 4 – Grupos de varreduras com tempo de exportação e tamanho dos arquivos digitais de nuvem de pontos correspondentes

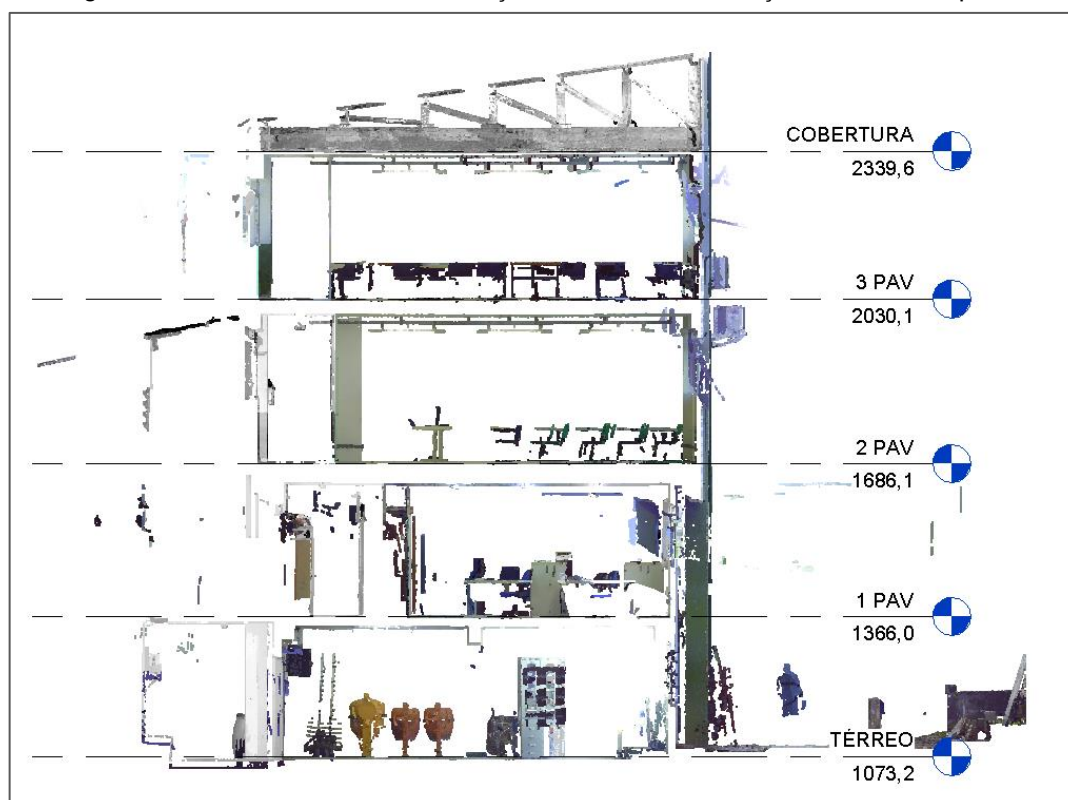
Grupo de varreduras	Quantidade de varreduras	Tempo de exportação da nuvem de pontos	Tamanho do arquivo digital (GB)
ESCADA	7	0h08min	1,02
TÉRREO	49	1h55min	9,74
1° PAV.	23	0h27min	3,83
2° PAV.	24	0h36min	3,52
3° PAV.	12	0h28min	2,22
Total	115	3h34min	20,33

Fonte: autor

3.7 Modelagem BIM

Para a modelagem BIM foram importadas para um projeto em branco do Revit as nuvens de pontos dos cinco grupos de varreduras para criação dos níveis principais correspondentes a cada pavimento (Figura 15).

Figura 15 – Vista de corte com definição dos níveis em relação a nuvem de pontos



Fonte: autor

Após a criação dos níveis iniciou-se a modelagem do pavimento térreo, descarregando os demais grupos de varreduras para que se tivesse um melhor desempenho do computador. Os demais pavimentos foram modelados em sequência, deixando ativos os grupos de varreduras do pavimento atual e a do térreo, já que a nuvem do térreo é a única que contém os pontos das faces externas das paredes dos demais pavimentos.

Optou-se por realizar uma modelagem ortogonal, ou seja, a modelagem apresentou certo desvio em relação a nuvem de pontos, pois modelando ortogonalmente não se considera imperfeições construtivas como desaprumos, desalinhamentos, flechas e desnivelamentos, imperfeições essas detectadas pelo *laser scanner*. A Figura 16 mostra em uma vista de planta um exemplo de como a modelagem ortogonal diferencia-se da nuvem de pontos. Nesse caso, buscou-se como referência para modelagem da viga 2 o meio do vão entre as vigas 1 e 3. Na Figura 16a é possível perceber uma leve curvatura na viga 2. A Figura 16b mostra aproximadamente a diferença entre os encontros da viga 2 com as vigas 1 e 3 após a modelagem ortogonal.

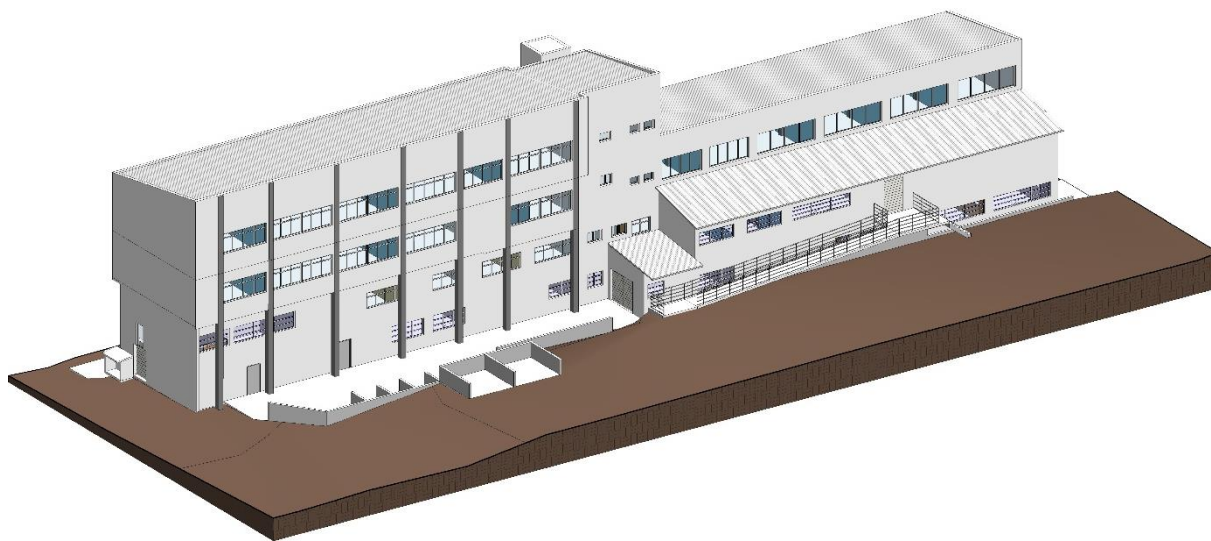
Para este trabalho não se adotou nenhuma tolerância para o desvio da modelagem em relação a nuvem de pontos para que a deformação fosse obedecida e modelada. Como já dito, foi realizada uma modelagem ortogonal tanto horizontal quanto verticalmente. Isso significa que paredes construídas para serem paralelas uma em relação a outra foram modeladas perfeitamente paralelas, apesar do desalinhamento longitudinal existente, por exemplo. A diferença média entre a modelagem BIM e as medidas reais foi de aproximadamente 2 cm, considerando medidas como largura e comprimento das salas, pé-direito e dimensões de esquadrias obtidas de diferentes ambientes da edificação.

de tempo de 35% na modelagem de elementos arquitetônicos utilizando o método semiautomático em comparação a modelagem utilizando apenas as ferramentas originais do Revit.

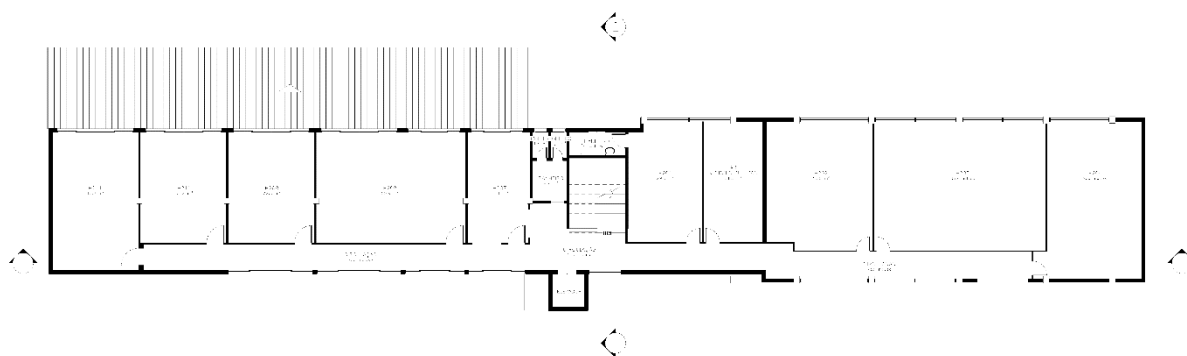
Figura 17 – Modelo BIM do prédio do DACC

a) Vista isométrica; b) Planta baixa 2º pavimento; c) Corte transversal; d) Corte longitudinal

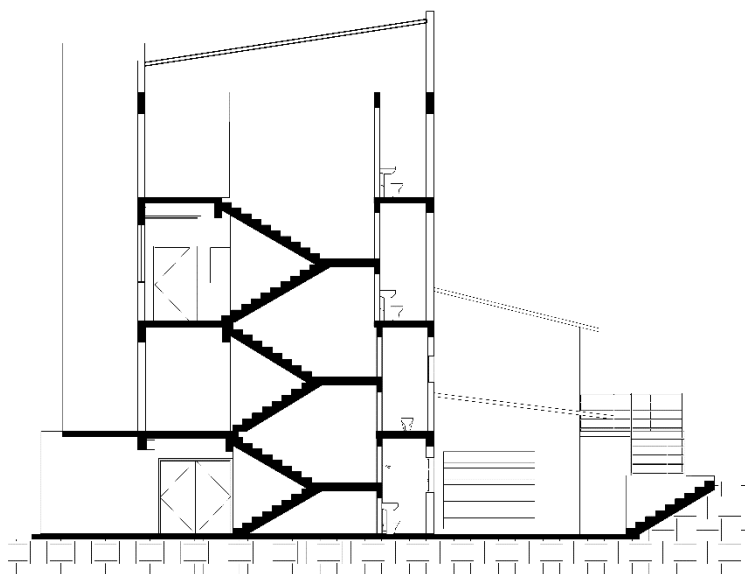
a)



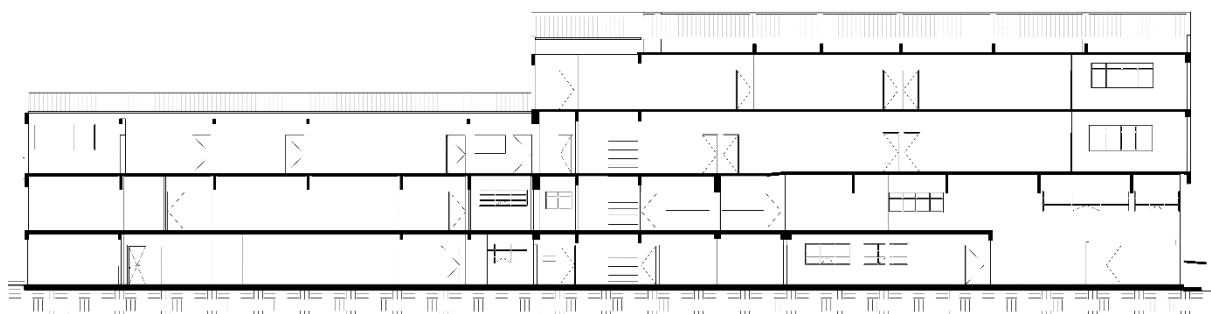
b)



c)



d)



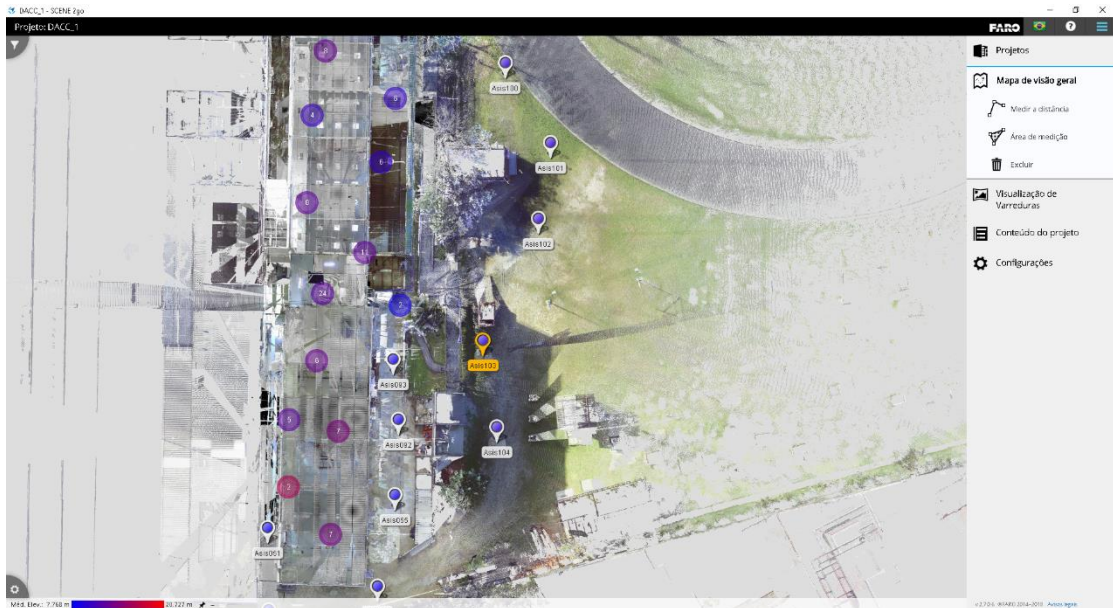
Fonte: autor

Além do modelo BIM foi gerado também o aplicativo portátil de visualização 360° contendo todas as varreduras utilizadas no trabalho (Figura 18). Esse aplicativo pode ser carregado, por exemplo, diretamente de uma memória USB, sem necessidade de instalação. O aplicativo contém um mapa geral do projeto e permite navegação tridimensional, visualização de varreduras em 360°, possibilitando fazer medições, verificar diferenças de nível, entre outros.

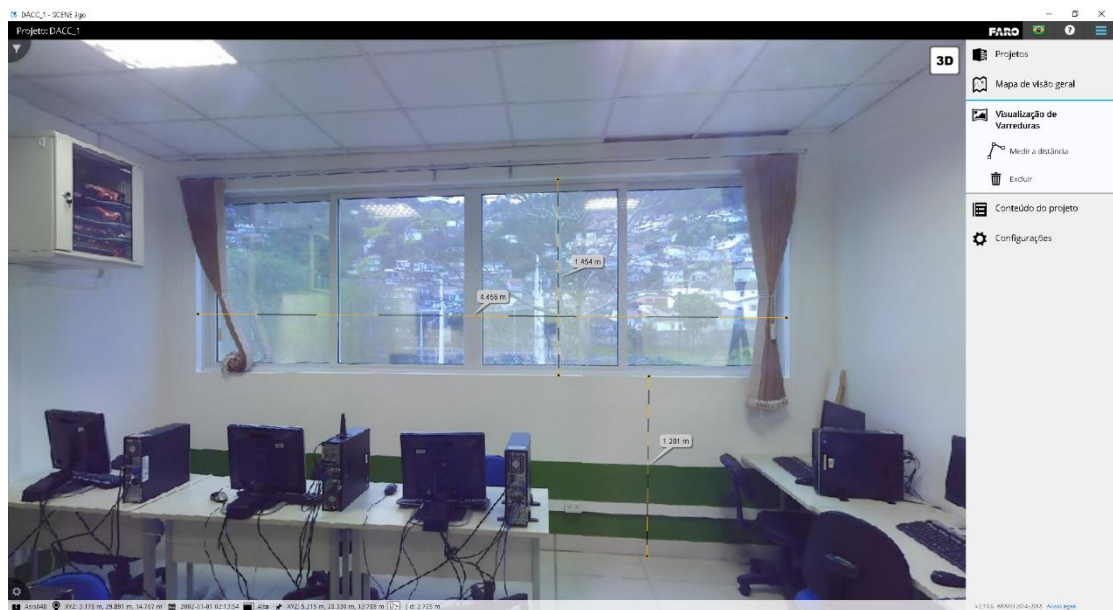
Figura 18 – Aplicativo portátil de visualização 360°:

a) Visualização do mapa geral do projeto; b) Medição de distância na visualização imersiva

a)



b)



Fonte: autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a elaboração deste trabalho aplicaram-se técnicas de escaneamento a *laser* 3D no levantamento de uma edificação existente. As nuvens de pontos resultantes do escaneamento foram carregadas no software Revit e serviram de base para criação do modelo *as-is*.

Baseado no estudo de caso do prédio do DACC elaborou-se o Caderno de Boas Práticas para *as-is* BIM (Apêndice A), que descreve todas as etapas envolvidas e pode ser consultado como um manual para serviços desse tipo.

4.1 Conclusões

A aplicação do escaneamento a *laser* 3D no levantamento de edificações existentes mostrou-se eficaz pela obtenção precisa de medidas e também eficiente pela quantidade de informações capturadas em um curto espaço de tempo. Enquanto uma pessoa estica sua trena ou mira um único disparo de *laser* para efetuar uma única medida, o *laser scanner* captura milhões de pontos e em poucos minutos forma uma nuvem de onde podem ser extraídas todas as medidas do ambiente, posicionamento de tomadas, dutos, luminárias, entre outros. Soma-se a isso, ainda, a possibilidade de geração do aplicativo de visualização 360°, que por si só já é uma excelente ferramenta de auxílio à gestão da infraestrutura.

Porém, todos esses benefícios têm um custo. Sem mencionar o preço de aquisição do *laser scanner* e softwares, há outro custo também crítico, que é o de operação. Trabalhar com milhões de pontos exige grande capacidade computacional (de armazenamento e de processamento) e muitas horas de trabalho, horas essas de um profissional com capacitação ainda pouco disponível no mercado.

Outro ponto importante e intrínseco ao escaneamento a *laser* 3D é o dilema da modelagem ortogonal sobre uma edificação naturalmente não ortogonal. Durante a modelagem BIM da nuvem de pontos do prédio do DACC pode-se observar irregularidades construtivas comuns, como paredes fora de esquadro, com espessuras não uniformes, flechas em lajes, entre outros. Esse tipo de deformação é

detectada pelo *laser scanner* e fica evidenciada na nuvem de pontos. O modelador se vê num dilema sobre qual decisão tomar, que é: a) partir para uma modelagem ortogonal e considerar todos os ângulos realmente com 90°; ou b) obedecer fielmente a nuvem de pontos e modelar as imperfeições, ou pelo menos parte delas. A opção “a” gera um modelo menos preciso, porém feito em menos tempo e mais fácil de manipular. Já a opção “b” resulta em uma maior fidelidade, porém ao custo de um tempo de modelagem extremamente elevado, ao ponto de se tornar inviável, dependendo do nível de precisão exigido. Muitas vezes uma precisão na casa de milímetros não é necessária para levantamento de edificações. Em uma situação específica, por exemplo, a pré-fabricação de uma passarela, pode-se realizar uma varredura isolada do local e utilizar a própria nuvem de pontos para extração das medidas finais.

Posto isso, recomenda-se a modelagem ortogonal para todo tipo de levantamento *as-is*, exceto aqueles com o objetivo específico de documentar as imperfeições construtivas ou deformações da edificação. Pode-se ainda utilizar a modelagem ortogonal e definir uma tolerância máxima para os desvios, incluindo uma ou mais pranchas no modelo com o único objetivo de indicar os locais onde a tolerância foi ultrapassada e em qual magnitude.

Acredita-se que esse material possa contribuir com a divulgação do uso da tecnologia de escaneamento a *laser* 3D como uma forma eficaz de levantamento de edificações existentes. O trabalho mostra também que utilizando a tecnologia é possível atender à uma necessidade comum a muitas instituições, a de gerar e manter documentação atualizada de sua infraestrutura.

4.2 Recomendação para trabalhos posteriores

Recomenda-se para o desenvolvimento de trabalhos posteriores:

- a) Estudos que abordem a relação entre a densidade da nuvem de pontos e o desempenho computacional, de modo a exigir menor capacidade de armazenamento e processamento sem comprometer a qualidade final da nuvem de pontos e da modelagem;

- b) Modelagem dos demais sistemas contidos na nuvem de pontos da edificação agregando maior número de informações ao modelo;
- c) Desenvolvimento de procedimento interno utilizando o escaneamento a laser 3D integrado a softwares BIM para manutenção e operação da infraestrutura do IFSC;
- d) Estudos sobre a utilização direta da nuvem de pontos para análise de sombreamentos e impacto de vizinhança.
- e) Modelar o prédio do DACC considerando as deformações e imperfeições construtivas

REFERÊNCIAS

ANIL, Engin Burak et al. Assessment of Quality of As-is Building Information Models Generated from Point Clouds Using Deviation Analysis. In: IS&T / SPIE - ELECTRONIC IMAGING SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2., 2011, San Jose. **Proceedings...** San Jose: SPIE, 2011. Disponível em: <https://www.ri.cmu.edu/pub_files/2011/1/2011_anil-spie-qa-final.pdf>. Acesso em 21 de mar. 2018.

ARCHITECTS, American Institute Of. **Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary:** For Building Information Models and Data. Whashington, Dc: AIA, 2018. 253 p.

BEIRÃO, Carla Castello Branco. **O potencial do laser scanner terrestre para o inventário do patrimônio arquitetônico.** 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Decreto nº 9.377/2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling.** Brasília, 2018.

CENTENO, J. A. S.; WUTKE, J. D.; KERSTING, A. P. B. Comparação de geração de modelos tridimensionais usando laser scanner terrestre e restituição fotogramétrica monocular. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO – SINGEO, 1., 2004, Recife. **Anais...** Recife: 2004.

DALMOLIN, Quintino; SANTOS, Daniel Rodrigues dos. **Sistema Laserscanner:** Conceitos e princípios de funcionamento. 3. ed. Curitiba: Ufpr, 2004. 97 p.

DODL, Luciano D'avila; LEMOS, Dalton Luiz. Modelagem BIM sobre nuvem de pontos: comparação entre os métodos semiautomático e tradicional. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO DO IFSC, 2018, Florianópolis. **Modelagem BIM sobre nuvem de pontos: comparação entre os métodos semiautomático e tradicional.** Florianópolis: IFSC, 2018. p. 1 - 3.

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

FARO. **Faro Focus 3D X 330 HDR:** Scanner de imagem a laser de alcance estendido. Lake Mary: Faro Technologies Inc., 2016.

FARO. **Scene:** Scene 2018 Classic Manual do Usuário. Lake Mary: Faro Technologies Inc., 2018.

FRANÇA, Rovane Marcos de. Milhões de pontos: Conheça mais sobre o laser scanner terrestre em três dimensões. **MundoGEO:** A revista de geomática e soluções geoespaciais, Curitiba, v. 1, n. 67, p.68, mar. 2012. Bimestral.

GONÇALES, Rodrigo. **Dispositivo de varredura laser 3D terrestre e suas aplicações na Engenharia, com ênfase em túneis.** 2007. 132 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Criação de Modelos BIM a partir de "Nuvens de pontos"**: Estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

LU, Qiuchen; LEE, Sanghoon. Image-Based Technologies for Constructing As-Is Building Information Models for Existing Buildings. **Journal Of Computing In Civil Engineering**, Reston, v. 31, n. 4, 4 jul. 2017.

MANZIONE, Leonardo. **Não existe um “modelo ND ###”**. Disponível em: <<https://www.makebim.com/2018/09/10/nao-existe-um-modelo-nd/>>. Acesso em: 8 set. 2018.

MKSURVEYS. **LIDARNews - MK Surveys in the news again**. Disponível em: <<https://mksurveys.com/about/news/73-may-2016-lidarnews-mk-surveys-in-the-news-again>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SABRESURVEY. **SABRE Advanced 3D Surveying Systems Ltd**. Disponível em: <<http://www.sabresurvey.com/sky-pod-s120.html>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO. . **Projeto da sede do Instituto de Cardiologia é finalista do Prêmio BIM**. 2018. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/noticias/1955-projeto-da-sede-do-instituto-de-cardiologia-e-finalista-do-premio-bim>>. Acesso em: 9 jan. 2019.

SOFTWARE BIM. **Revit é BIM?**. Disponível em: <<http://softwarebim.com.br/revit-e-bim>>. Acesso em: 18 out. 2018.

STRUCTURE MAGAZINE. Beating Chaos and Achieving Profits in BIM with LOD 350. Disponível em: <<https://www.structuremag.org/?p=558>>. Acesso em: 8 set. 2018.

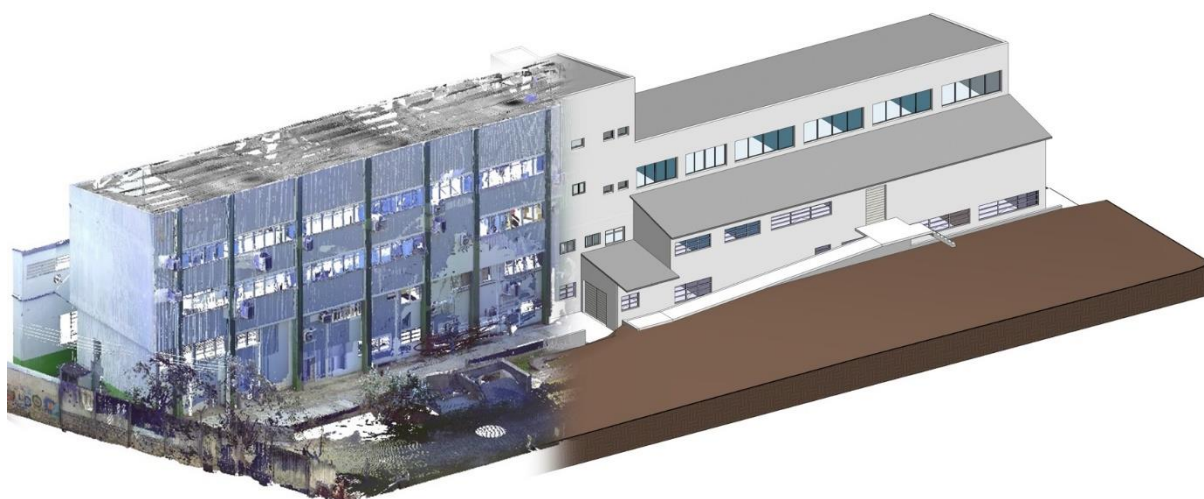
VOEGTLE, T.; WAKALUK, S. **Effects on the Measurements of the Terrestrial Laser Scanner HDS 6000 (Leica) Caused by Different Object Materials**. Laserscanning09, IAPRS, Volume XXXVIII, Paris, France, p.68-75 (2009). Disponível em <<http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/3-W8/papers/p80.pdf>>. Acesso em: 8 de março de 2018.

APÊNDICE A

Caderno de boas práticas para

as-is BIM

Usando laser scanner Faro e Revit

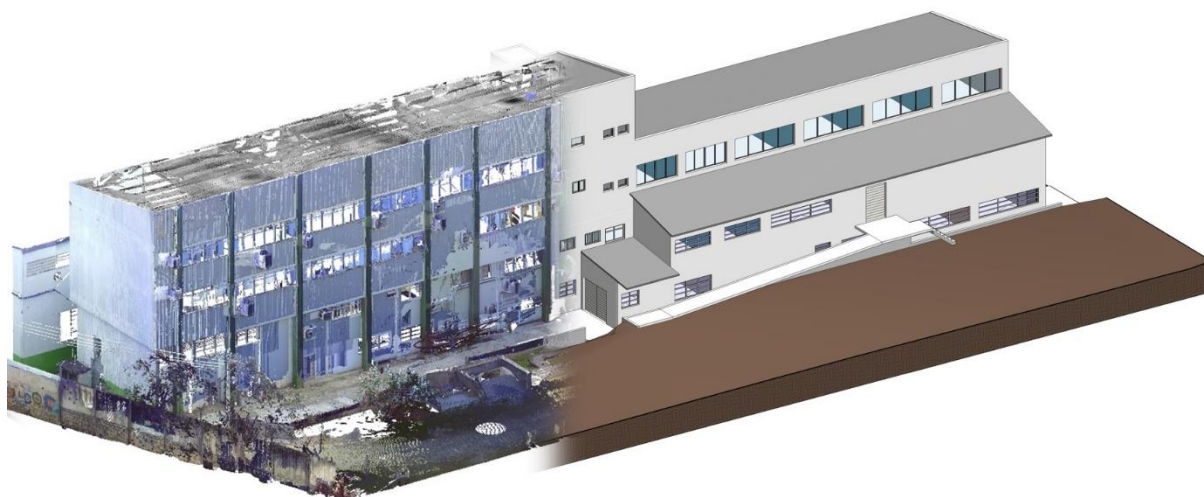


Luciano d'Avila Dodl

Dezembro de 2018

Caderno de boas práticas para **as-is BIM**

Usando laser scanner Faro e Revit



Luciano d'Avila Dodl

Dezembro de 2018

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
OBJETIVO.....	6
O QUE É UMA VARREDURA.....	8
1. PLANEJAMENTO	11
1.1. Apoio topográfico	14
1.2. Período de escaneamento.....	14
2. ESCANEAMENTO	15
2.1. Tripés para escaneamentos a laser	15
2.2. Definição do caminhamento	17
2.3. Verificações pré-escaneamento.....	17
2.4. Escaneamento utilizando alvos artificiais	19
2.4.1. Objetos de referência externa.....	23
2.5. Escaneamento utilizando regiões sobrepostas	24
2.6. Configuração e execução de varreduras.....	25
3. PROCESSAMENTO	30
3.1. Criação de um novo projeto no Scene	30
3.2. Importação de varreduras	31
3.2.1. Processamento em um grupo único	31
3.2.2. Processamento de varreduras avulsas.....	38
3.2.3. Processamento utilizando referências externas.....	44
3.3. Finalização do processamento	46
4. EXPORTAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS	48
5. MODELAGEM BIM.....	51
5.1. Importação de nuvem de pontos não georreferenciada.....	51
5.2. Importação de nuvem de pontos georreferenciada	51
5.3. Preparação de vistas no Revit	53
5.4. Modelagem da arquitetura	56
5.4.1. O dilema da modelagem ortogonal versus não ortogonal	56
5.4.2. Modelagem semiautomática.....	57
ARQUIVOS PARA DOWNLOAD	58

APRESENTAÇÃO

Profissionais que têm como tarefa manter, reformar ou ampliar edificações existentes, rotineiramente se veem com a necessidade de realizar levantamentos que lhes tragam informações confiáveis sobre o estado atual da edificação. Uma solução para isto é a utilização do escaneamento a *laser* 3D em conjunto com a modelagem BIM para criar o *as-is* (como está) da edificação, ou modelo *as-is* BIM.

Resumidamente, a tecnologia de escaneamento a *laser* 3D pode ser definida como uma “[...] tecnologia de digitalização tridimensional usando um feixe laser que é direcionado aos objetos e permite capturar, visualizar e modelar tridimensionalmente cenas complexas com rapidez e alta precisão [...]” (CENTENO; WUTKE; KERSTING, 2004, p. 2)¹.

O equipamento *laser scanner* 3D utilizado neste trabalho é do tipo estático (Figura 1).

Figura 1 – *Laser scanner* 3D estático



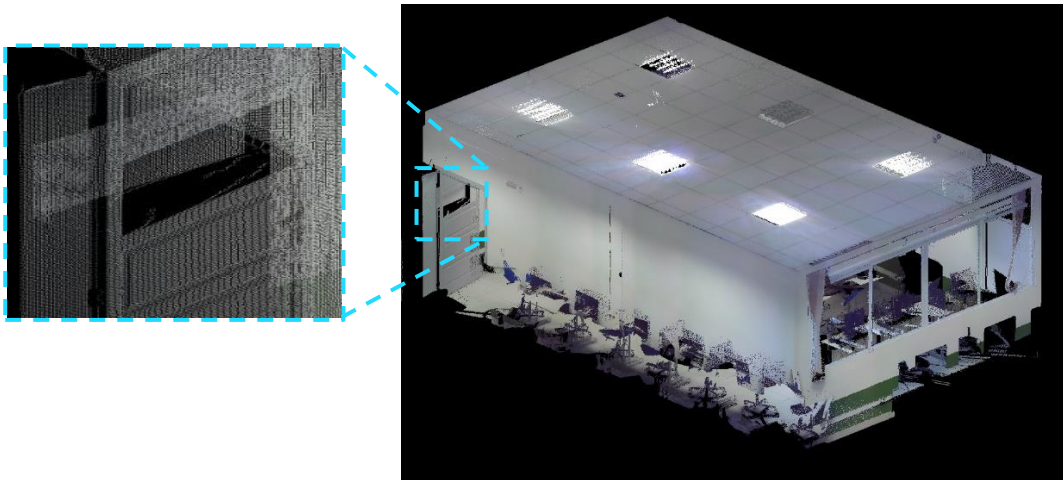
Fonte: Faro (2016)²

O resultado principal do escaneamento a laser 3D é uma nuvem de pontos do ambiente, que pode ser utilizada para diversos fins (Figura 2).

1 CENTENO, J. A. S.; WUTKE, J. D.; KERSTING, A. P. B. Comparação de geração de modelos tridimensionais usando laser scanner terrestre e restituição fotogramétrica monocular. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO – SINGEO, 1., 2004, Recife. Anais... Recife: 2004.

2 FARO. Faro Focus 3D X 330 HDR: Scanner de imagem a laser de alcance estendido. Lake Mary: Faro Technologies Inc., 2016.

Figura 2 – Exemplo de nuvem de pontos



Fonte: autor

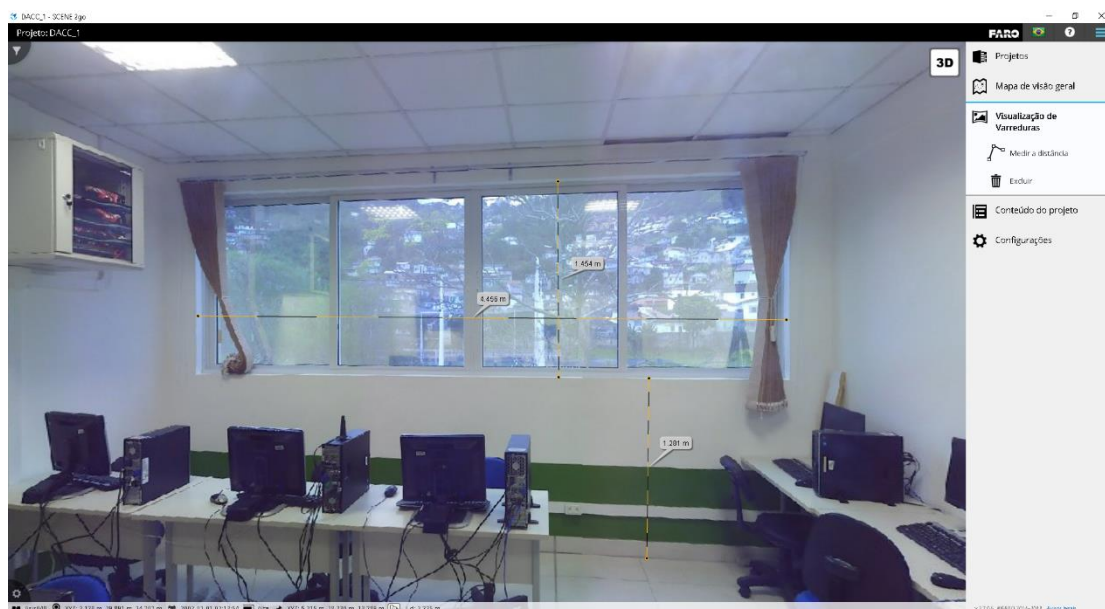
A Figura 3 ilustra uma planta baixa modelada usando como referência a nuvem de pontos da edificação.

Figura 3 – Planta baixa feita sobre nuvem de pontos



Fonte: autor

a)



5

OBJETIVO

O objetivo deste caderno de boas práticas é descrever o processo de elaboração do modelo *as-is* BIM de uma edificação, sugerindo um passo a passo para realização de levantamentos desse tipo. O caderno foi desenvolvido baseando-se na experiência de criação de um modelo *as-is* BIM do prédio do DACC (Departamento Acadêmico da Construção Civil) do IFSC, câmpus Florianópolis. A edificação possui quatro pavimentos, com espaços de laboratório, salas de aula e escritório, totalizando 2240 m².

Figura 5 – Prédio do DACC destacado em laranja



Fonte: autor

Os principais recursos utilizados neste trabalho foram:

- Equipamento *laser scanner* FARO Focus 3D X 330;
- Computador com processador de quatro núcleos físicos de 2,5 GHz, 16 GB de memória RAM, placa de vídeo dedicada com 2 GB de memória gráfica e disco rígido do tipo HDD de 1 TB;
- Software FARO Scene, versão 7.1, para processamento das varreduras;
- Software Autodesk Revit, versão 2019, para modelagem BIM.

Todo o trabalho, de campo e de escritório, foi realizado por apenas uma pessoa.

É importante salientar que as técnicas descritas nesse caderno são sugestões e certamente não são a única maneira de realizar levantamentos *as-is*. Dependendo da complexidade e magnitude do projeto que será trabalhado, talvez seja necessário um estudo mais específico e

aprofundado das capacidades dos softwares de processamento de varreduras e de modelagem BIM.

O método para elaboração de *as-is* BIM proposto por este caderno de boas práticas está dividido em 5 partes: 1) Planejamento; 2) Escaneamento; 3) Processamento; 4) Exportação da nuvem de pontos; 5) Modelagem BIM.

O QUE É UMA VARREDURA

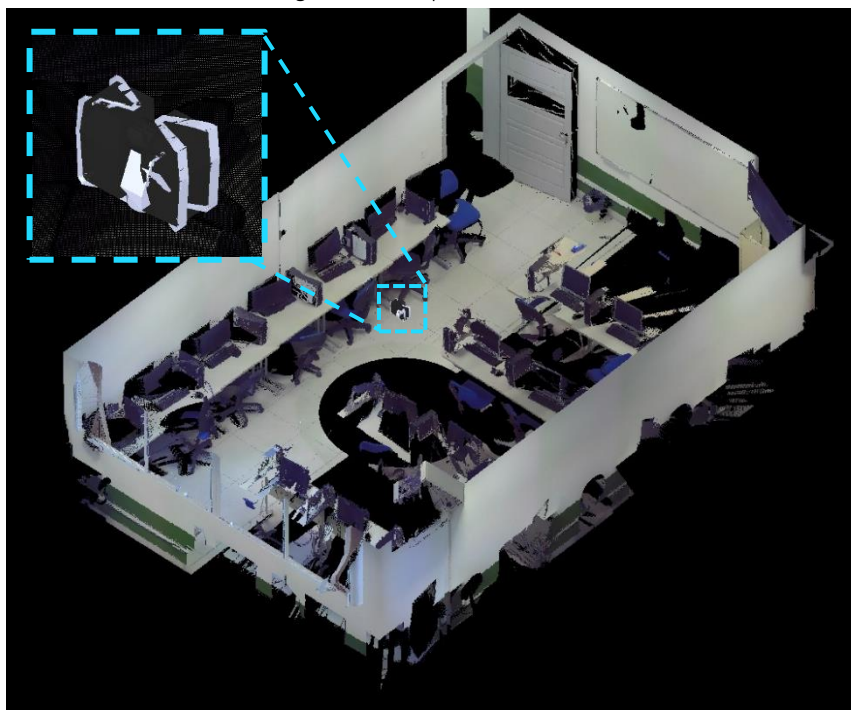
Antes de iniciar com o item planejamento, é importante entender o conceito de varredura e como se faz a junção delas.

Uma varredura são milhões de pontos no espaço, que formam uma representação do ambiente digitalizado. Esses milhões de pontos, inicialmente, estão em um sistema de coordenadas que tem como origem o centro do emissor do *laser scanner*.

Na Figura 6 pode-se observar a nuvem de pontos de uma varredura carregada no software FARO Scene, com destaque para a representação da posição do *laser scanner*. Percebe-se facilmente nessa figura as sombras formadas pelos objetos da sala. As sombras são áreas não visualizadas pelo *laser scanner*, por estarem obstruídas por objetos do ambiente.

Por exemplo: na varredura mostrada na Figura 6, o *laser scanner* está posicionado a uma altura de aproximadamente 1,5 m do nível do chão. Dessa forma, os tampos das mesas fazem sombra sobre as canaletas do sistema de tomadas que está fixado na parede a 30 cm do nível do chão. Se o objetivo do escaneamento fosse capturar as canaletas do sistema elétrico, sem a remoção ou movimentação das mesas, uma nova varredura teria que ser feita, com o *laser scanner* posicionado a uma altura tal que os tampos das mesas não impedissem o *laser* do *scanner* de atingir as canaletas.

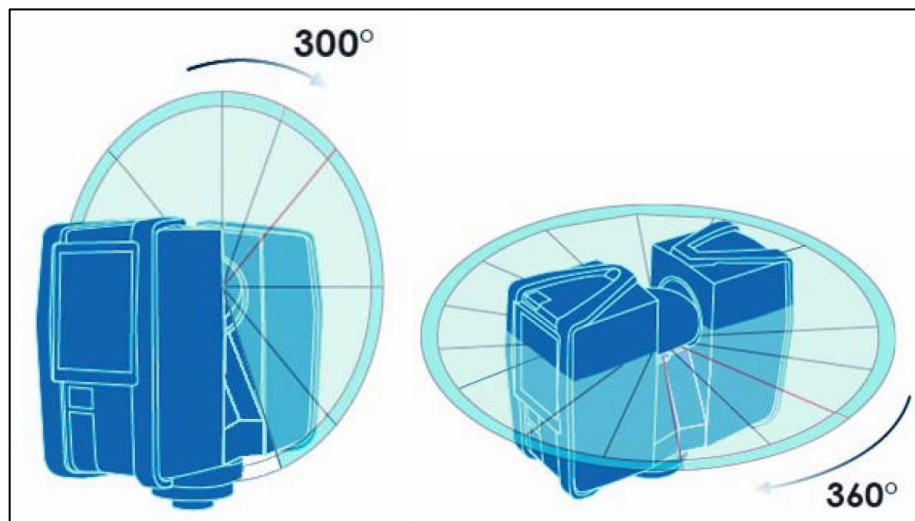
Figura 6 – Exemplo de varredura



Fonte: autor

Observa-se também, logo abaixo do *laser scanner*, uma grande sombra circular. Essa sombra é a base de um cone reto onde o *laser* não alcança, devido a obstrução do próprio corpo do equipamento. O ângulo entre duas geratrizes opostas desse cone tem 60° e o diâmetro de sua base irá variar em função da altura do *laser scanner* em relação a superfície onde se apoia o tripé. A Figura 7 mostra a abrangência angular horizontal e vertical do *laser scanner* FARO.

Figura 7 – Ângulos vertical e horizontal de captura do *laser scanner* FARO Focus 3D X 330



Fonte: FARO (2016)¹

Quando o levantamento exige mais de uma varredura, torna-se necessário o posicionamento correto, uma em relação a outra, que na linguagem da tecnologia de *laser scanning* chama-se registro. Para registrar corretamente uma varredura em relação a outra são necessários pontos em comum nas duas varreduras. Esses pontos em comum podem ser alvos naturais, alvos artificiais ou regiões sobrepostas das nuvens de pontos dos ambientes. Os alvos naturais podem ser planos, superfícies, tubulações ou pontos de canto contidos nos ambientes escaneados. Alvos artificiais são aqueles colocados manualmente, em posições específicas nos ambientes. Alvos artificiais podem ser esferas, tabuleiros ou alvo simples circular. O registro de varreduras usando regiões sobrepostas das nuvens de pontos chama-se registro nuvem a nuvem, ou seja, varreduras entre ambientes vizinhos capturam pontos em comum que são utilizados pelo algoritmo do software Scene para posicionar as varreduras uma em relação a outra.

A utilização de alvos artificiais é recomendada quando há necessidade de junção de varreduras de ambientes muito compartimentados ou repetitivos como é o caso do prédio do DACC. A utilização de regiões sobrepostas é recomendada para escaneamento de ambientes externos com referências em comum próximas, ambientes internos abertos ou para quando não se

¹ FARO. Faro Focus 3D X 330 HDR: Scanner de imagem a laser de alcance estendido. Lake Mary: Faro Technologies Inc., 2016.

dispõem de alvos artificiais e os ambientes são compartimentados. Mesmo em ambientes compartimentados pode-se optar por não utilizar alvos artificiais, efetuando varreduras auxiliares exatamente, ou muito próximo, dos vãos das aberturas entre ambientes vizinhos. É importante salientar que a não utilização de alvos artificiais poderá aumentar muito o tempo total dedicado ao escaneamento, já que serão necessárias varreduras auxiliares. Esse assunto será tratado com maiores detalhes do capítulo **Escaneamento**.

O registro por alvos naturais deve ser utilizado em último caso, pois exige grande intervenção manual e verificações, o que torna o processo bem mais demorado e muitas vezes menos preciso do que utilizando alvos artificiais ou regiões sobrepostas.

1. PLANEJAMENTO

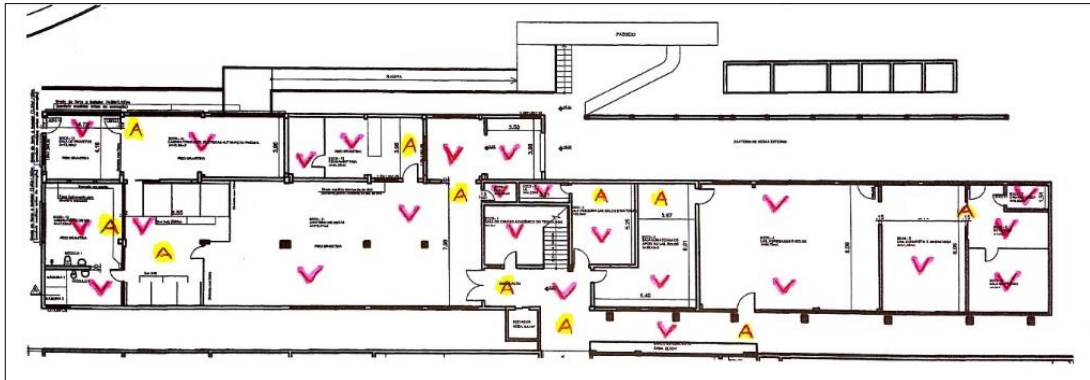
Na etapa de planejamento utilizam-se plantas baixas ou croquis da edificação para definir o posicionamento aproximado do *laser scanner* e, se necessário, dos alvos artificiais.

A Figura 8a mostra como seria um planejamento considerando a utilização de alvos artificiais da área interna do pavimento térreo do prédio do DACC. As letras V, assinaladas em rosa, marcam a posição aproximada do *laser scanner*, enquanto as letras A assinaladas em amarelo, a posição aproximada dos alvos artificiais.

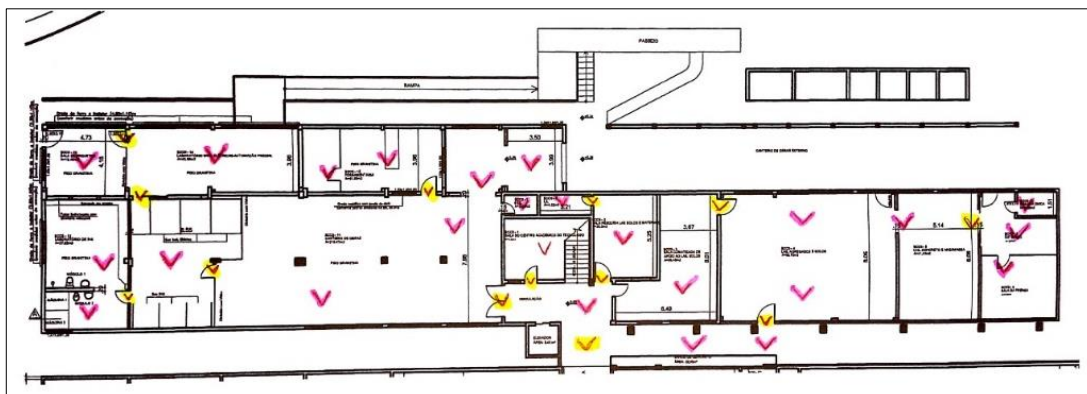
A Figura 8b mostra como seria um planejamento do mesmo pavimento, porém considerando a utilização de regiões sobrepostas. As letras V assinaladas em rosa marcam a posição das varreduras permanentes do levantamento, enquanto as assinaladas em amarelo são varreduras auxiliares, utilizadas para posterior registro correto das varreduras, uma em relação a outra. As varreduras auxiliares podem ou não ser excluídas após o registro das varreduras permanentes. Recomenda-se a exclusão, pois dessa forma otimiza-se o projeto tornando-o mais enxuto e leve para ser processado pelo computador.

Figura 8 – Croquis com planejamento de posições de varreduras e alvos.
a) Planejamento utilizando alvos artificiais; b) Planejamento utilizando regiões sobrepostas

a)



b)



Fonte: autor

Observa-se que o escaneamento do pavimento térreo planejado para utilizar alvos artificiais contará com 24 varreduras, enquanto que utilizando regiões sobrepostas serão necessárias 38 varreduras. Nesse caso, utilizou-se cerca de 60% a mais de varreduras, comparado ao planejamento com alvos artificiais. Porém, essa diferença irá variar, pois ela depende diretamente da forma do ambiente e de sua posição em relação aos ambientes vizinhos, bem como da dimensão das aberturas entre eles. Este assunto será tratado com maiores detalhes do capítulo **Escaneamento**.

DICA

É comum esquecer de considerar varreduras sobre forros quando se dispõe apenas de plantas baixas para o planejamento. Não lembrar disso pode resultar em horas extras de escaneamento e surpresas como, por exemplo, esquecer de levar uma escada.

No planejamento também se define a resolução das varreduras, de acordo com as dimensões dos espaços. Deve-se escolher com cuidado a resolução, pois isso definirá o tamanho dos arquivos de varredura. Altas resoluções também geram varreduras mais demoradas de serem executadas e posteriormente processadas no computador.

A Tabela 1 apresenta informações referentes aos perfis de varredura predefinidos de fábrica no equipamento *laser scanner* FARO Focus 3D X 330. Além dos perfis de fábrica, é possível criar perfis personalizados, se necessário.

Tabela 1 – Descrição dos perfis de fábrica do *laser scanner* FARO Focus 3D X 330

Perfil	Indoor ...10m	Indoor 10m...	Outdoor ...20m	Outdoor 20m...	Preview	Object HD
Descrição	Escaneamentos internos onde as distâncias entre o scanner e os objetos principais são menores que 10m	Escaneamentos internos onde as distâncias entre o scanner e os objetos principais são maiores que 10m	Escaneamentos externos onde as distâncias entre o scanner e os objetos principais são menores que 20m	Escaneamentos externos onde as distâncias entre o scanner e os objetos principais são maiores que 20m	Escaneamento rápido e grosseiro do ambiente em baixa resolução	Escaneamento de objetos ou áreas específicas em alta resolução. É recomendado limitar a área de varredura, caso contrário a varredura levará muito tempo para terminar
Resolução	1/8	1/5	1/5	1/4	1/16	1/2
Qualidade	3x	4x	4x	4x	4x	6x
Área vertical	-60° a 90°	-60° a 90°	-60° a 90°	-60° a 90°	-60° a 90°	-60° a 90°
Área horizontal	0° a 360°	0° a 360°	0° a 360°	0° a 360°	0° a 360°	0° a 360°
Inclinômetro	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado
Bússola	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado
Altímetro	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado
Cor	ligado	ligado	ligado	ligado	desligado	ligado
Modo de medição de exposição	Horizonte ponderado	Horizonte ponderado	Horizonte ponderado	Horizonte ponderado	Ponderada ao centro	Horizonte ponderado
Limpar contorno	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado
Limpar céu	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado	ligado
Otimização de longas distâncias	desligado	desligado	desligado	ligado	desligado	desligado
Distância dos pontos (mm/10m)	12,272	7,670	7,670	6,136	24,544	3,068
Resolução (MPts)	11	28,2	28,2	44	2,8	176
Duração da varredura (hh:mm:ss)	0:02:57	0:06:38	0:06:38	0:09:12	0:00:57	1:56:00
Tamanho do arquivo de varredura (MB)	68,90	122,08	122,08	171,18	8,53	2216,66
Tamanho da varredura (Pt)	5156x2134	8248x3414	8248x3414	10310x4268	2578x1067	20622x8534

Fonte: alterado de FARO (2015)

No levantamento feito no prédio do DACC foram usadas várias combinações de resolução, escolhidos de acordo com as dimensões dos ambientes, porém, a grande maioria das varreduras foram feitas utilizando o perfil “Indoor ...10m”.

DICA

Varreduras executadas com a opção “Cor” desligada podem durar de 10 a 80% menos tempo se comparadas às varreduras coloridas. Varreduras sem cor podem ser interessantes quando forem auxiliares, varreduras sobre forro ou em locais escuros, locais com alto tráfego de pessoas ou veículos ou aquelas em ambientes menos relevantes.

1.1. Apoio topográfico

Na etapa de planejamento deve-se também avaliar a necessidade de pontos de apoio topográficos. Pontos de apoio topográficos não são obrigatórios, porém devem ser utilizados, por exemplo, quando se deseja que a nuvem de pontos do levantamento seja georreferenciada. Outra aplicação seria para corrigir desvios excessivos, que ocorrem normalmente quando o levantamento envolve plantas extensas ou múltiplos pavimentos, onde o posicionamento das varreduras dos extremos poderia carregar erros propagados acima do tolerado. O apoio topográfico utilizando estação total é recomendado nesse caso, pois estações totais possuem precisão angular e linear superiores às de *laser scanners*.

1.2. Período de escaneamento

O planejamento do período que serão executadas as varreduras é muito importante. Dependendo do ambiente, evitar que pessoas ou veículos obstruam a varredura pode se tornar um grande desafio. Recomenda-se considerar a interrupção dos serviços no ambiente escaneado, desviar o fluxo de pessoas e veículos ou mesmo executar varreduras após o expediente e fins de semana.

Deve-se evitar executar varreduras externas de objetos expostos a intensa luz solar direta, especialmente superfícies claras ou muito reflexivas, pois isso aumentará a faixa de ruído¹ detectado pelo equipamento de *laser scanner*.

¹ Faixa de ruído é o desvio padrão de posição da nuvem de pontos sobre uma superfície lisa.

2. ESCANEAMENTO

O escaneamento é colocar em prática o planejado, sendo assim, desta parte em diante, os procedimentos descritos neste caderno de boas práticas tenderão a ser escritos também em uma linguagem mais prática, objetivando a execução de tarefas.

2.1. Tripés para escaneamentos a laser

Uma peça fundamental para a execução de levantamentos com *laser scanner* é o tripé. A utilização de tripés muito pesados ou de difícil ajuste poderá gerar atrasos e talvez a necessidade de ajuda extra para os trabalhos de campo.

Recomenda-se que o tripé possa ser ajustado para baixas alturas, principalmente para se trabalhar em forros e sob coberturas (Figura 9).

Figura 9 – Tripé ajustado para baixas alturas



Fonte: autor

Tripés com hastes alongadas podem ser úteis dependendo da exigência do levantamento (Figura 10).

Figura 10 – Tripé com haste alongada



Fonte: LaserScanning Europe¹

1 LaserScanning-Europe. FARO User Conference 2017. Disponível em: < http://www.faro-europe.com/3dconference2017/presentations/day_1/bs3/3_Accessories%20Overview%20for%20FARO%20Laserscanners_Laserscanning%20Europe_EricBergholz.pdf>. Acesso em: 8 set. 2018.

2.2. Definição do caminhamento

Com as plantas baixas em mãos define-se o caminhamento que será seguido na edificação, que irá definir também a ordem numérica dos arquivos de varredura. A ordem numérica das varreduras não precisa seguir exatamente o sentido do caminhamento e isso muitas vezes não poderá ser mantido do início ao fim dos trabalhos. Recomenda-se anotar nas plantas baixas do planejamento, o número da varredura no seu respectivo ambiente. Isso poderá ajudar futuramente na etapa de processamento e modelagem BIM.

Observação: A definição do caminhamento também pode ser feita ainda na etapa de planejamento.

2.3. Verificações pré-escaneamento

Algumas verificações são importantes antes de partir para os trabalhos práticos:

- 1) Garanta que o cartão de memória do *laser scanner* esteja vazio, caso contrário você poderá ser surpreendido pela falta de espaço para armazenamento das demais varreduras e será obrigado a interromper os trabalhos. Se possível, leve com você um computador ou cartão de memória extra;
- 2) Garanta duas baterias em plena carga e lembre-se de levar o carregador;

DICA

Ao escanear locais de difícil acesso, como coberturas, reservatórios, porões, leve a bateria extra sempre com você, isso evitará perdas de tempo com deslocamentos caso você seja surpreendido com o término da carga da bateria em uso.

- 3) Se o ambiente possuir cortinas, lembre-se de recolhê-las e enrolá-las de tal forma que seja possível detectar detalhes dos vãos da janela e seus montantes. Isso é um esquecimento comum de ocorrer;

Figura 11 – Exemplo de ajuste de cortinas mostrando todo detalhamento da esquadria

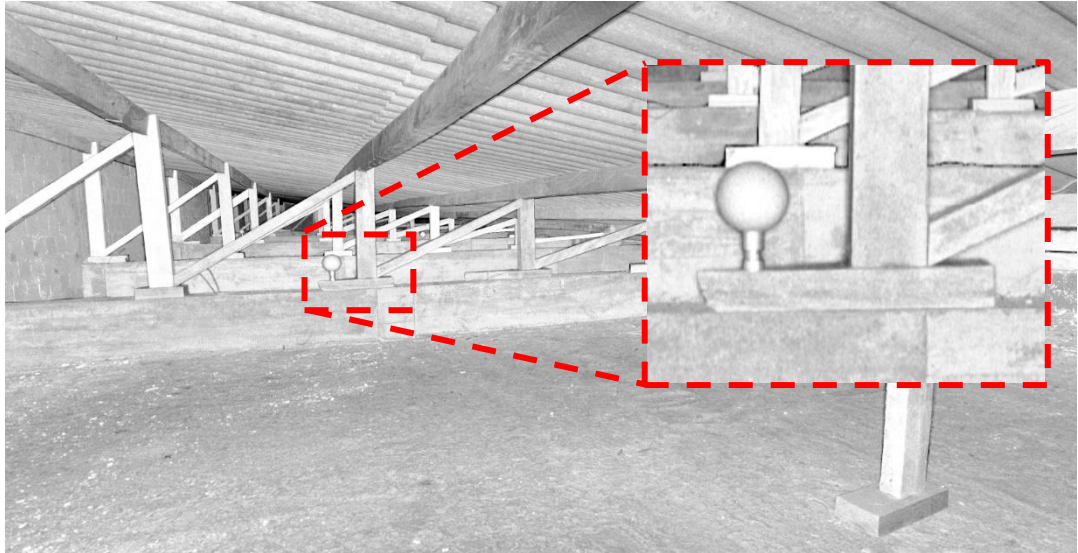


Fonte: autor

- 4) Se o levantamento incluir ambientes sem iluminação, recomenda-se fortemente uma lanterna de cabeça, assim suas duas mãos ficarão livres para ajustar o tripé e manipular o *laser scanner*. Nesse caso, levar baterias extras para a lanterna também é uma boa prática.

Observação: não é necessário que o ambiente esteja iluminado para que a varredura seja feita, desde que a captura das cores não seja um requisito. A Figura 12 mostra que mesmo sem luz no ambiente os objetos são capturados em alta resolução.

Figura 12 – Vista panorâmica de uma varredura feita sem iluminação



Fonte: autor

2.4. Escaneamento utilizando alvos artificiais

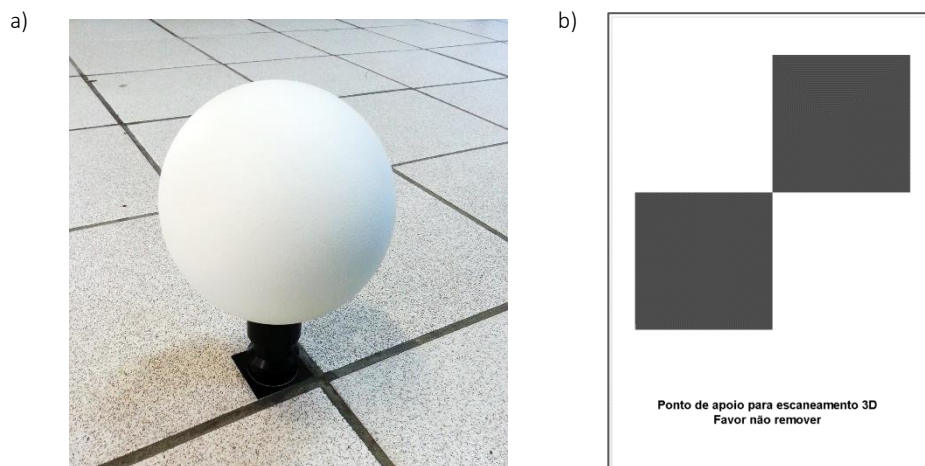
Caso o seu planejamento tenha sido feito considerando a utilização de alvos artificiais, é importante conhecer em mais detalhes como essa abordagem funciona.

Como já comentado no capítulo de **Planejamento**, a utilização de alvos artificiais se torna interessante quando os ambientes são muito compartimentados. Não utilizar alvos artificiais nesse tipo de ambiente fará com que sejam executadas varreduras auxiliares, o que tornará o número total de varreduras bem maior e consequentemente maior também o tempo total gasto com o escaneamento.

A utilização de alvos artificiais (registro baseado no alvo) bem distribuídos pode atingir níveis de precisão superiores aqueles utilizando regiões sobrepostas (registro nuvem a nuvem), além de ser mais rápido de processar no software Scene. O registro nuvem a nuvem exige que pelo menos haja sobreposição de 60% entre as varreduras para que se tenha uma precisão satisfatória.

Os alvos artificiais mais usados são a esfera e o tabuleiro (Figura 13), sendo a esfera preferível por apresentar maior precisão e menos limitações quanto ao posicionamento em relação ao *laser scanner*.

Figura 13 – Exemplo de alvos artificiais
a) alvo tipo esfera; b) alvo tipo tabuleiro



Fonte: autor

É essencial que pelo menos dois alvos artificiais sejam vistos em ambas as varreduras que serão unidas. Se você estiver utilizando um perfil de varredura que tenha o sensor inclinômetro desligado, serão necessários no mínimo três alvos artificiais em comum entre as varreduras para atingir uma precisão adequada no registro.

As limitações e cuidados que se deve tomar com o posicionamento dos alvos artificiais são listados a seguir:

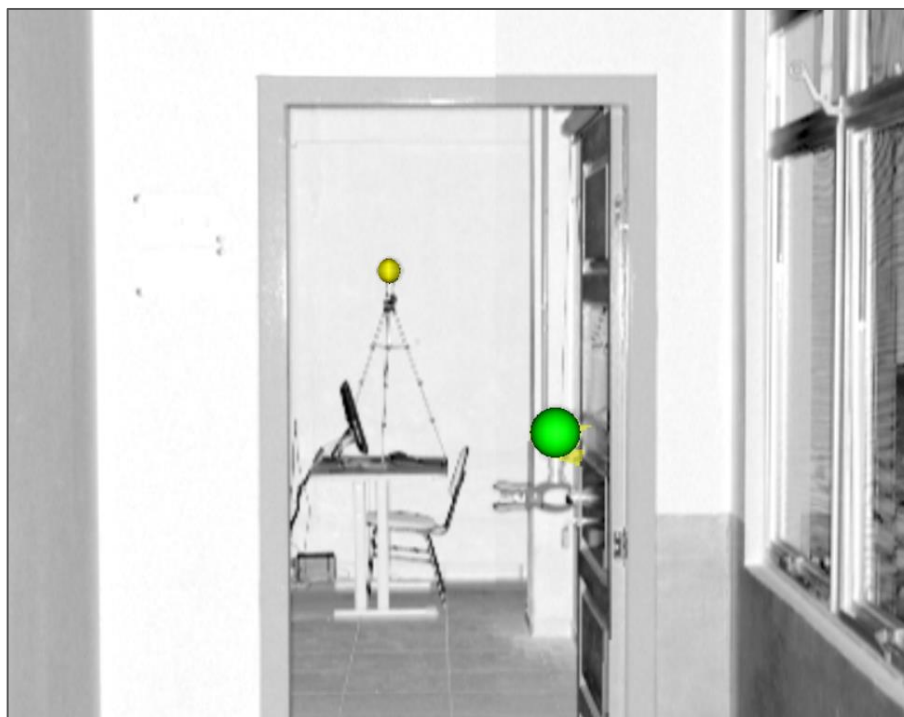
Esferas

- Devem estar completamente visíveis pelo *laser scanner*;
- A distância com que as esferas deverão ser posicionadas em relação ao *laser scanner* dependerá diretamente do seu diâmetro e da resolução com a qual foi definida a varredura. Para que uma esfera seja considerada como uma referência confiável para o registro de varreduras, ela deve contar, no mínimo, com 60 pontos sobre ela. A Figura 15 mostra uma esfera confiável e outra não confiável. Esta varredura foi executada com a resolução de 1/8, que significa que a distância pontual é de 12,272 mm/10m, ou seja, essa resolução não foi suficiente para detectar mais de 60 pontos na esfera mais ao fundo da sala. Porém, foi suficiente para detectar de maneira confiável a esfera presa a maçaneta da porta. Ambas as esferas possuem 140 mm de diâmetro.

A Figura 14 é um recorte de uma vista de visualização rápida gerada no software Scene, que indica automaticamente as esferas detectadas na varredura com as cores verde, para esferas confiáveis e amarela para não confiáveis.

O uso do software Scene será descrito em detalhes no capítulo **Processamento**;

Figura 14 – Esfera confiável (verde) e não confiável (amarela)



Fonte: autor

A Tabela 2 pode ser consultada para auxiliar no posicionamento aproximado de esferas em relação ao seu diâmetro e resolução da varredura, lembrando que esferas com um número maior de pontos gerarão registros de varreduras mais precisos.

Tabela 2 – Sugestão de distância máxima para posicionamento de esferas em relação ao *laser scanner*

Resolução	Qualidade	Esfera d=14cm	Esfera d=20cm
1/10	3x	7 m	9 m
1/8	3x	8 m	11 m
1/5	3x	12 m	19 m
1/4	3x	14 m	22 m

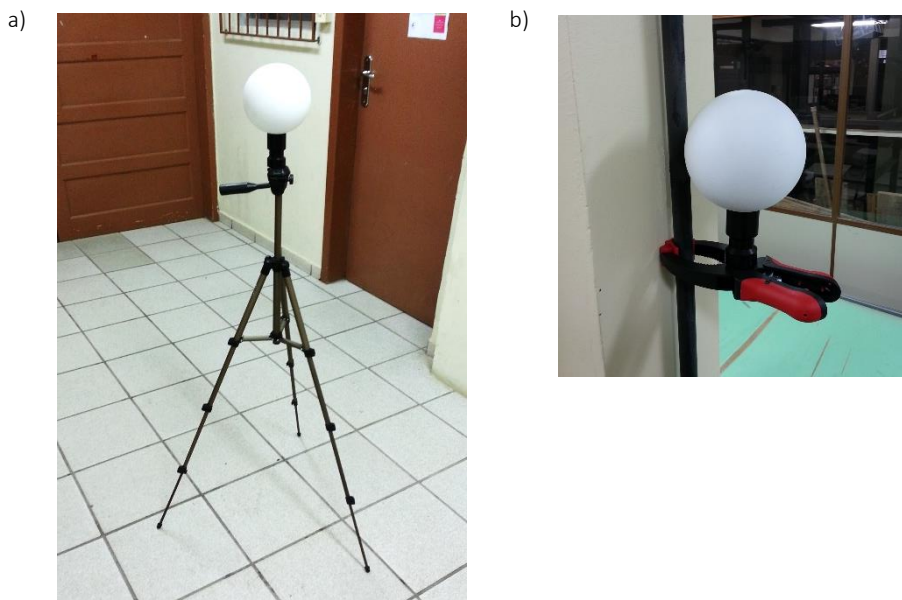
Fonte: autor

- A distância entre esferas deve ser superior a 1 m. Se isso não for possível pode-se criar alvos extras sobre objetos naturais vistos em ambas as cenas, como planos, por exemplo (a criação de alvos artificiais sobre objetos naturais será tratado em maiores detalhes no capítulo **Processamento**). Quanto mais bem distribuídos estiverem os alvos artificiais, maior será a precisão do registro. Evite o posicionamento de duas ou mais esferas em um mesmo plano, ou alinhadas em relação ao *laser scanner*, pois isso poderá diminuir a precisão do registro.

Algumas esferas possuem a base imantada para que possam ser fixadas em superfícies metálicas, porém nem sempre há superfícies metálicas estáveis nas posições onde você

precisa. Nesse caso recomenda-se a utilização de tripés para as esferas, que podem ser tripés amadores para fotografia (Figura 15a). Outra boa prática é usar grampos de aperto rápido, que em um instante viram base para fixação de esferas em locais improváveis (Figura 15b).

Figura 15 – Sugestões para fixação de alvos esféricos
a) Tripé amador para fotografia; b) Esfera fixada em grampo de aperto rápido

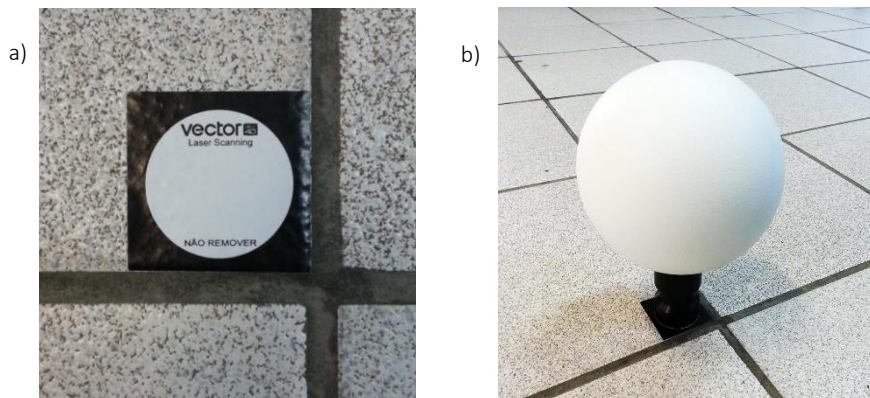


Fonte: autor

DICA

É muito comum os trabalhos de escaneamento serem interrompidos e retomados no dia seguinte, ou mesmo durar vários dias. Nesses casos, se você estiver utilizando alvos artificiais talvez não seja possível deixar as esferas no mesmo local durante todos os dias. Uma boa prática é colar adesivos removíveis nos locais onde as esferas deverão ser reposicionadas. Esses adesivos possuem um círculo com diâmetro igual a base da esfera, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Sugestão de adesivo para marcar posição de esferas
a) Adesivo colado sobre piso cerâmico; b) Esfera posicionada sobre o adesivo.



Fonte: autor

Outra opção é fazer uma varredura auxiliar na posição onde estão as esferas e, na etapa de processamento, utilizar o método de registro nuvem a nuvem para unir as duas varreduras que seriam unidas anteriormente com base nos alvos artificiais.

Tabuleiros

- Devem ser impressos somente em impressoras laser;
- Devem estar completamente visíveis pelo *laser scanner*;
- O ângulo de incidência entre o *laser* do *scanner* e o tabuleiro não deve ser inferior a 45°;
- A distância com que os tabuleiros deverão ser posicionados em relação ao laser scanner dependerá diretamente do seu tamanho e da resolução com a qual foi definida a varredura. Para que um tabuleiro seja considerado como uma referência confiável para o registro de varreduras, ele deve contar, no mínimo, com 4 pontos sobre cada quadrante;
- A distância entre tabuleiros deve ser superior a 1 m;
- Tabuleiros não devem ser fixados em superfícies curvas.

DICA

Em junções de varreduras entre ambientes cuja a abertura comum entre eles é muito pequena, como janelas basculantes, alçapões ou corredores estreitos, conseguir o afastamento adequado entre os alvos pode ser um desafio. Nesses casos você pode posicionar o *laser scanner* mais próximo da abertura no ambiente que não contém alvos. Dessa forma é possível atingir um afastamento maior entre os alvos no outro ambiente, melhorando a precisão do registro.

Fazendo isso, deve-se tomar cuidado para que a parede, forro ou laje onde se encontra a abertura em comum não seja capturada de forma muito oblíqua, ocultando detalhes importantes do ambiente.

2.4.1. Objetos de referência externa

Alvos artificiais são utilizados também como apoio topográfico, quando se deseja georreferenciar a nuvem de pontos ou corrigir desvios excessivos, que ocorrem normalmente quando o levantamento envolve plantas extensas ou múltiplos pavimentos.

Quando se usam esferas o ponto de referência é o ponto interno localizado no seu centro de gravidade (considerando apenas o volume esférico, sem a base), enquanto que para alvos de tabuleiros o ponto de referência é o ponto localizado no centro dos quatro quadrantes.

As coordenadas de referências externas são geralmente obtidas utilizando estações totais ou equipamentos GNSS.

A utilização de alvos artificiais como referências externas será tratado em maiores detalhes no capítulo **Processamento**.

2.5. Escaneamento utilizando regiões sobrepostas

Neste item será abordado o escaneamento utilizando regiões sobrepostas, ou seja, o registro das varreduras uma em relação a outra será feito, na etapa de processamento, pelo método nuvem a nuvem.

Como já comentado no capítulo **Planejamento**, utilizar alvos artificiais é recomendado em layouts compartimentados, porém pode-se também utilizar regiões sobrepostas desses ambientes para realizar o registro das varreduras, desde que sejam feitas varreduras auxiliares e essas apresentem pelo menos 60% de sobreposição em relação às varreduras vizinhas. As varreduras auxiliares são feitas posicionando o *laser scanner* no local onde haveriam alvos artificiais (esferas ou tabuleiros), caso fossem feitas utilizando alvos artificiais.

DICA

Antes de executar varreduras auxiliares verifique se há a necessidade da varredura ser realizada com cor. Verifique também se é necessária a mesma resolução da varredura anterior, já que varreduras auxiliares servem, na maioria das vezes, para registrar as varreduras definitivas umas em relação as outras. Varreduras auxiliares podem ser deletadas após o término do trabalho de processamento, o que fará com que o arquivo de nuvem de pontos fique mais enxuto e o trabalho de modelagem BIM menos pesado para o computador.

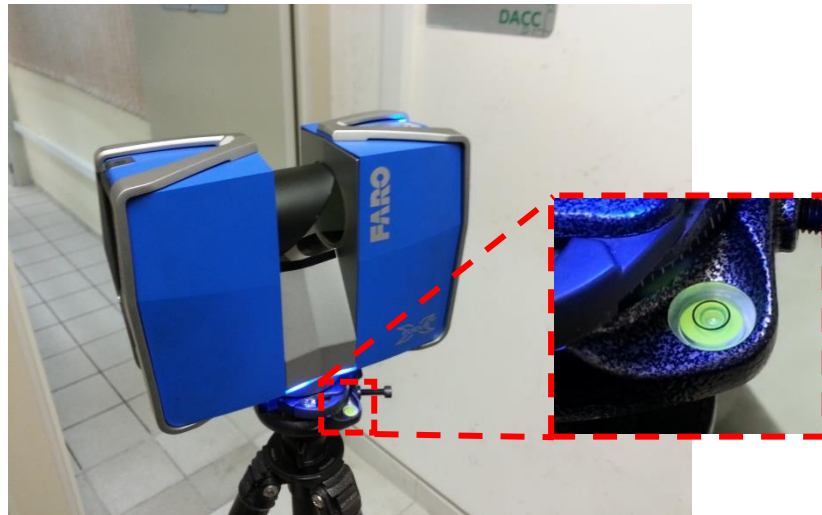
Deve-se atentar para o escaneamento de ambientes externos onde há muita vegetação. Nesse caso recomenda-se utilizar alguns alvos artificiais e executar o posicionamento das varreduras com base no alvo, principalmente quando é requerido um alto grau de precisão no levantamento.

Recomenda-se também utilizar alvos artificiais em ambientes externos muito amplos, por exemplo, um campo aberto, onde outros objetos que não o próprio piso, estiverem muito afastados do *laser scanner*. Caso não se disponha de alvos artificiais, pode-se aumentar a resolução da varredura, porém isso poderá gerar arquivos de varredura muito grandes e pesados para serem processados posteriormente. Nesse caso recomenda-se a utilização de alvos naturais especificados manualmente na etapa de processamento.

2.6. Configuração e execução de varreduras

Uma vez montado o tripé e instalado o *laser scanner* firmemente, mova o conjunto para a primeira posição de varredura definida no planejamento e nivele o conjunto.

Figura 17 – Conjunto tripé e *laser scanner* nivelados



Fonte: autor

Observação: o FARO Focus 3D X 330 permite uma tolerância de até 5° de inclinação em relação ao horizonte, que é corrigida pelo compensador de eixo duplo integrado ao equipamento. Para que a compensação seja feita, a varredura deve ser executada com o sensor inclinômetro ligado. Para verificar se o sensor inclinômetro está ativado no perfil de varredura atual aperte **Parâmetros → Selecionar sensores** e verifique se **Usar inclinômetro** está ativado.

- Ligue o equipamento pressionando o botão indicado na Figura 18 e aguarde o carregamento do sistema até que seja mostrada a tela inicial do *laser scanner* (Figura 19);

Figura 18 – Indicação do botão ligar/desligar do FARO Focus 3D X 330



Fonte: autor

Figura 19 – Tela inicial do *laser scanner* FARO Focus 3D X 330



Fonte: autor

- Crie um novo projeto, apertando em **Gerenciar → Projetos → Default_Project → +**;
- Aperte em **Nome do projeto** e digite o um nome para o projeto, por exemplo, **DACC** e aperte **OK**;

Se o seu projeto fizer parte de um projeto maior, aperte em **Projeto principal** e selecione o projeto ao qual o seu faz parte.

Se houver necessidade, aperte em **Cliente** e digite o nome do seu cliente.

- Aperte em **Nome da base de arquivos** e digite uma palavra com a qual os arquivos de varredura iniciarão, por exemplo, Asis e aperte **OK**;
- Aperte em **Nro. Inicial da varredura** e altere para um número que você queira que o primeiro arquivo de varredura tenha após o nome Asis, por exemplo, 1. Isso significa que o arquivo referente a primeira varredura terá o nome Asis_001, a segunda varredura, Asis_002 e assim sucessivamente;

Eventuais informações importantes podem ser inseridas em **Informações adicionais**.

- Aperte em **Latitude [°]** e digite a latitude aproximada do local do projeto em notação decimal de grau.

Com isso tem-se o projeto de varredura criado, sendo necessário agora configurar o perfil para as varreduras.

- Aperte em  → **Parâmetros**;
- Aperte em **Perfil selecionado → Interno ...10m**. Aperte uma segunda vez sobre o perfil **Interno ...10m** para visualizar as configurações.

Este perfil vem com a resolução 1/8 e qualidade 3x. Com isso serão capturados 10,9 milhões de pontos na varredura, a uma taxa de redução de ruído de 3 vezes. Atente para o parâmetro **Distância pontual[mm/10m]**, que nesse caso é 12.272, que significa, por exemplo, que os pontos capturados de um plano a 10 m de distância do *laser scanner* estarão distantes 12.272 mm um do outro.

Se seu projeto exige parâmetros diferentes dos contidos no perfil **Interno ...10m**, crie um novo perfil, conforme descrito a seguir:

- Na tela inicial aperte em **Gerenciar → Perfis → +**;
- Aperte em **Nome do perfil** e digite um nome para o perfil, por exemplo, Asis_DACC e aperte **OK**;
- Aperte em **Resolução [MPts] Qualidade** e arraste os controles deslizantes para cima ou para baixo de acordo com sua necessidade. Observe na coluna do meio que a duração, tamanho da varredura, MPts e distância pontual [mm/10m] também são alterados.
- Aperte em **Adicionar perfil**;
- Aperte em **Selecionar sensores** e ative **Usar inclinômetro**;
- Aperte em **Adicionar perfil**;
- Em **Varrer com cor**, verifique se a chave está ligada (em verde), isso significa que a varredura será colorida. Se a cor não for necessária desligue a chave (em cinza);

Observação: varreduras executadas com cor levam mais tempo para serem executadas, além de que o tamanho final do arquivo de varredura também é superior, comparado a execução em tons de cinza. Por exemplo, para o perfil “Interno ...10m”, se configurado com cor, sua execução demoraria uma vez e meia a mais que em tons de cinza, além de ocupar o dobro do espaço em disco. Lembrando que arquivos de varreduras grandes

ocupam mais espaço em disco, memória RAM, memória de vídeo e processamento do computador. Se o seu projeto envolve um grande número de varreduras é altamente recomendado executá-las sem cor sempre que possível.

Em **Duração da varredura [mm:ss]** é possível verificar o tempo total que a varredura levará para ser executada. O campo **Tamanho do arquivo da varredura [MB]** mostra o tamanho aproximado que o arquivo de varredura terá após concluída.

- Aperte em **Configurações avançadas** e verifique se as opções **Limpar contorno** e **Limpar céu** estão ligadas (em verde), caso não estejam, ligue-as;
- Aperte em **Adicionar perfil → Perfis**. Verifique que o perfil **Asis_DACC** está com uma marca verde. Isso significa que este é o perfil ativo para as varreduras.
- Aperte em **Gerenciar → Início**.

DICA

Antes de iniciar a varredura vire o *laser scanner* de frente para um local onde seja possível identificar a qual ambiente se refere aquela varredura. Isso irá agilizar a identificação do ambiente em vistas de visualização rápida, caso o nome do arquivo de varredura não tenha sido renomeado para algo sugestivo.

Uma boa prática é começar a varredura com o *laser scanner* de frente para placas de identificação do ambiente. Isso é especialmente importante quando se trabalha com arquiteturas repetitivas.

- Para iniciar a varredura aperte em **Start Scan**

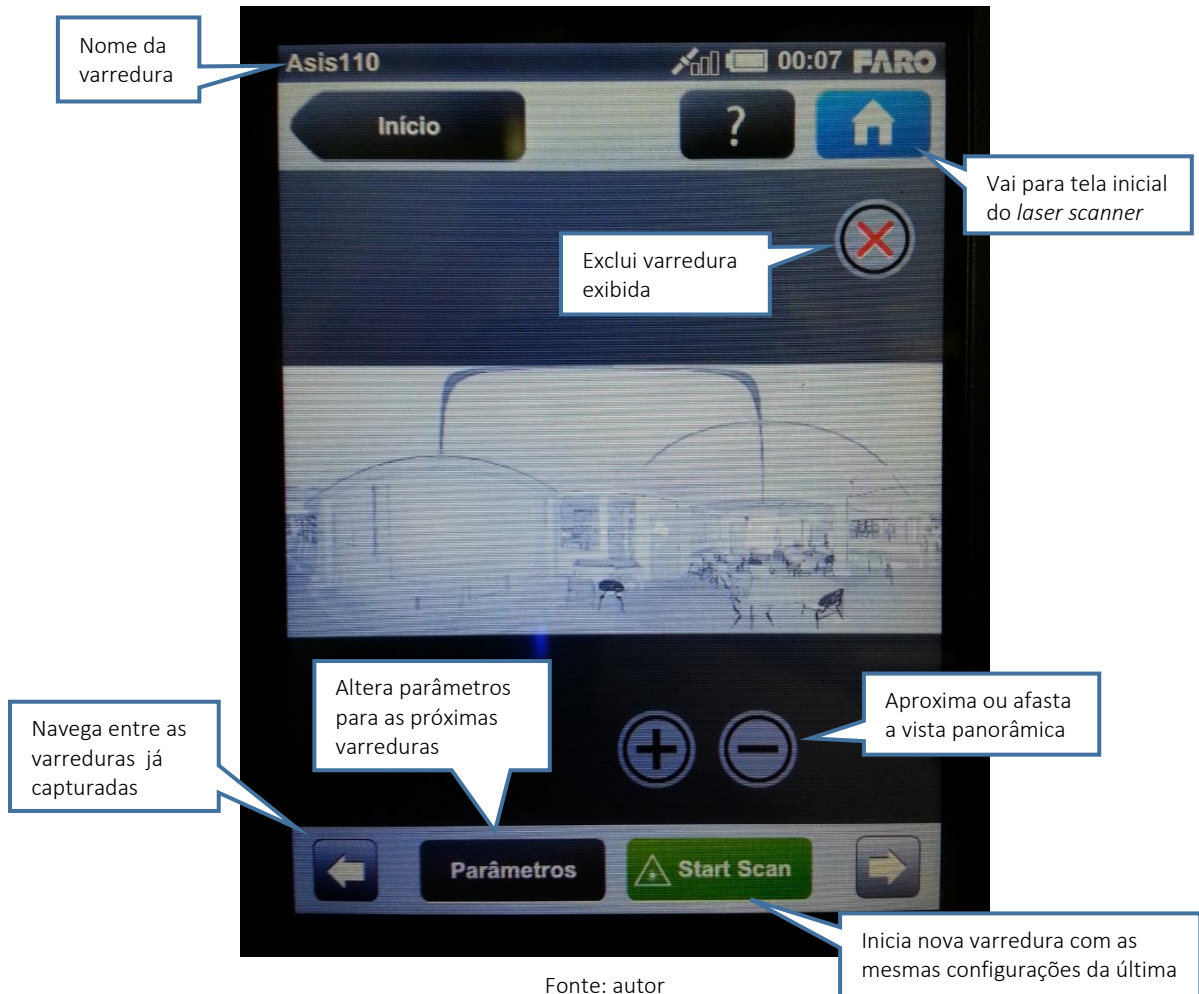


A varredura será iniciada e seu progresso poderá ser acompanhado pela tela lateral. O equipamento dará uma meia volta, enquanto o espelho girará em alta velocidade. Se a varredura for configurada para executar com cor, o *laser scanner* dará mais uma volta capturando as condições de iluminação do ambiente e as fotos, que serão utilizadas para colorir a nuvem de pontos posteriormente.

- Aguarde até ouvir o aviso sonoro de término da varredura (se não estiver desligado em **Gerenciar → Configurações gerais → Sons → Som ao finalizar a varredura**) para mover o *laser scanner* para a próxima posição de varredura.

Ao terminar de executar a varredura será mostrada automaticamente uma vista panorâmica na tela do *laser scanner* (Figura 20). Nessa tela é possível navegar pela vista para visualizar algum detalhe do ambiente, se necessário.

Figura 20 – Tela do *laser scanner* mostrando varredura terminada



Fonte: autor

Se o símbolo  estiver aparecendo na tela do *laser scanner* significa que o equipamento está desnivelado além dos 5° de tolerância. Ajuste o nível do conjunto orientando-se pelo nível de bolha do tripé até que o símbolo desapareça.

De agora em diante basta posicionar o equipamento nos locais definidos no planejamento e prosseguir executando as varreduras. Lembre-se da recomendação de anotar nas plantas baixas do planejamento o nome da varredura no seu respectivo ambiente. Isso não é obrigatório, mas pode ajudar muito no início da etapa de processamento.

3. PROCESSAMENTO

De volta ao escritório, iniciam-se os trabalhos de processamento das varreduras de todo o levantamento. Antes de transferir os arquivos de varredura contidos no cartão de memória do *laser scanner* garanta que o computador com o qual irá trabalhar possui espaço livre suficiente em disco. Para verificar isso proceda como segue:

- Remova o cartão de memória do *laser scanner* e conecte-o ao computador;
- Utilizando o Windows Explorer navegue até o cartão de memória e verifique o tamanho total de todos os arquivos de varredura do projeto. Os arquivos de varredura ficam armazenados na pasta **Scans** do cartão de memória;
- Ainda no Windows Explorer clique sobre **Este Computador** e verifique o espaço livre da unidade de disco na qual você irá armazenar o projeto.

O software Scene utiliza espaço em disco de até sete vezes o somatório dos arquivos de varredura durante a geração de nuvens de pontos. Esse espaço é temporário e será liberado após a geração da nuvem de pontos. A nuvem de pontos do projeto pode ter um tamanho de até quatro vezes o somatório dos arquivos de varredura.

3.1. Criação de um novo projeto no Scene

O software utilizado para processamento das varreduras do projeto do DACC foi o FARO Scene, versão 7.1.

Os procedimentos descritos nesse capítulo serão apresentados utilizando a interface gráfica tradicional do Scene e não a interface padrão da versão 7.1. Para alterar a interface gráfica do Scene para a tradicional proceda como segue:

- Execute o Scene e no canto superior direito clique em **Configurações**
- Na barra de menu superior clique em **Alternar interface do usuário**
- Para criar um novo projeto clique em **Arquivo → Novo → Projeto**



A janela **Criar Novo Projeto de Varredura** surgirá solicitando um local para armazenamento dos arquivos do projeto e o nome do projeto. Um projeto de varredura não é apenas um arquivo, mas sim uma estrutura de pastas no disco rígido do computador.

- Em **Selecione um local** clique no botão  e defina uma pasta no disco rígido do computador para armazenar os arquivos do projeto;
- Em **Digite um nome** defina o nome do projeto e clique em **Criar**.

3.2. Importação de varreduras

Importar varreduras significa copiar os arquivos de varredura do cartão de memória do *laser scanner* para o projeto recém criado no Scene. A decisão sobre quantos e quais arquivos importar de cada vez dependerá muito do tamanho e complexidade do projeto. Se todo o seu projeto é um grande espaço aberto com até dez varreduras, talvez seja interessante importá-las e processá-las todas juntas, de uma só vez. Já quando se trata de um edifício, com vários pavimentos, o recomendado é dividir também o processamento em vários grupos.

Para o levantamento do prédio do DACC, que possui quatro pavimentos, optou-se por processar cada pavimento separadamente. Essa decisão foi tomada baseada principalmente no fato de que os escaneamentos foram realizados apenas nos fins de semana, um pavimento de cada vez, tendo de segunda a sexta para processar as varreduras do pavimento escaneado. Porém, dividir o processamento trata-se de um critério pessoal de quem está realizando o trabalho e nesse caso a boa prática será aquela que melhor atender à sua necessidade.

A seguir serão descritas três formas de processamento, sendo a primeira o processamento em um grupo único, o segundo, processamento de varreduras avulsas e por último, processamento utilizando referências externas.

3.2.1. Processamento em um grupo único

O processamento em um grupo único é recomendado para levantamentos de uma determinada área ou pavimento específicos. Nesse momento deve-se atentar para o limite de processamento do seu computador, pois se as varreduras tiverem sido executadas com resolução muito alta talvez não seja possível processá-las todas de uma só vez. A capacidade do seu computador em lidar com isso só poderá ser verificada fazendo um teste real.

Um exemplo de processamento em um único grupo é descrito a seguir:

- Execute o Windows Explorer e navegue até a pasta **Scans** no cartão de memória.

DICA

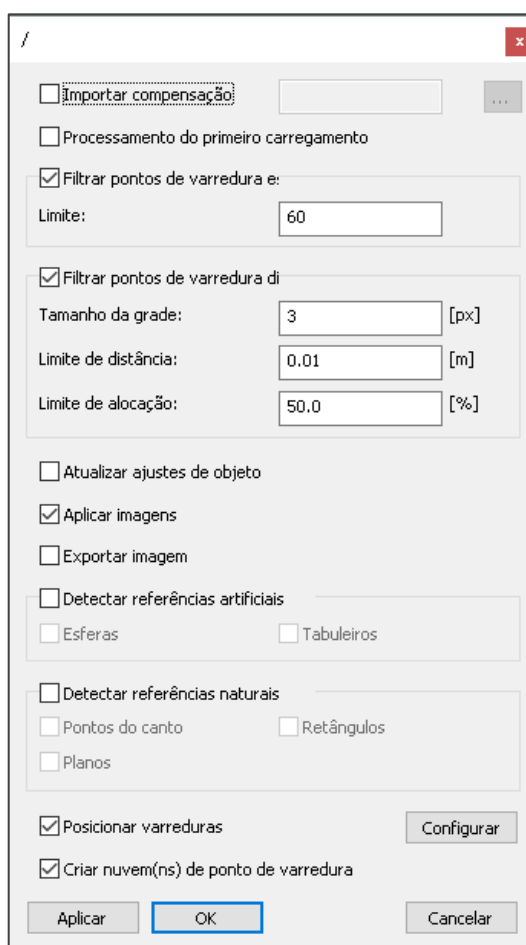
Neste momento você pode renomear as pastas dos arquivos de varredura para corresponderem ao nome do ambiente escaneado, de acordo com suas anotações feitas durante o escaneamento.

- Selecione as pastas correspondentes às varreduras do projeto e arraste-as para dentro do Scene;
- Salve o projeto clicando em **Arquivo → Salvar** ou pressionando **Ctrl+S**;

Dependendo do tamanho do projeto o salvamento pode levar alguns minutos.

- No painel lateral **Estrutura** clique com o botão direito do mouse sobre o grupo **Scans** (criado automaticamente), depois em **Operações** → **Pré-processamento** → **Pré-processar varreduras...**;
- Surgirá uma janela solicitando as configurações de pré-processamento. Preencha com as configurações da Figura 21. Caso o escaneamento tenha sido feito utilizando alvos artificiais, assinale **Detectar referências artificiais** e depois **Esferas** e/ou **Tabuleiros**.

Figura 21 – Janela de configuração de pré-processamento

A imagem mostra uma janela de configuração de pré-processamento com o seguinte conteúdo: no topo, uma barra de título com um ícone de arquivo e um botão de fechar (X) vermelho; o corpo da janela contém várias opções de configuração. Há uma seção com 'Importar compensação' (desativada) e 'Processamento do primeiro carregamento' (desativada). Abaixo, 'Filtrar pontos de varredura e:' está ativado, com um campo 'Limite:' contendo o valor '60'. Segue-se 'Filtrar pontos de varredura di' (ativado), com sub-opções: 'Tamanho da grade:' (3 px), 'Limite de distância:' (0.01 m) e 'Limite de alocação:' (50.0 %). Outras opções incluem 'Atualizar ajustes de objeto' (desativada), 'Aplicar imagens' (ativado), 'Exportar imagem' (desativada), 'Detectar referências artificiais' (desativada) com sub-opções 'Esferas' e 'Tabuleiros' (ambas desativadas), e 'Detectar referências naturais' (desativada) com sub-opções 'Pontos do canto', 'Retângulos' e 'Planos' (todas desativadas). Na base, há 'Posicionar varreduras' (ativado) com um botão 'Configurar' ao lado, e 'Criar nuvem(ns) de ponto de varredura' (ativado). Os botões de ação na base são 'Aplicar', 'OK' (destacado com um retângulo azul) e 'Cancelar'.

Fonte: autor

- clique em **OK** e aguarde o pré-processamento terminar.

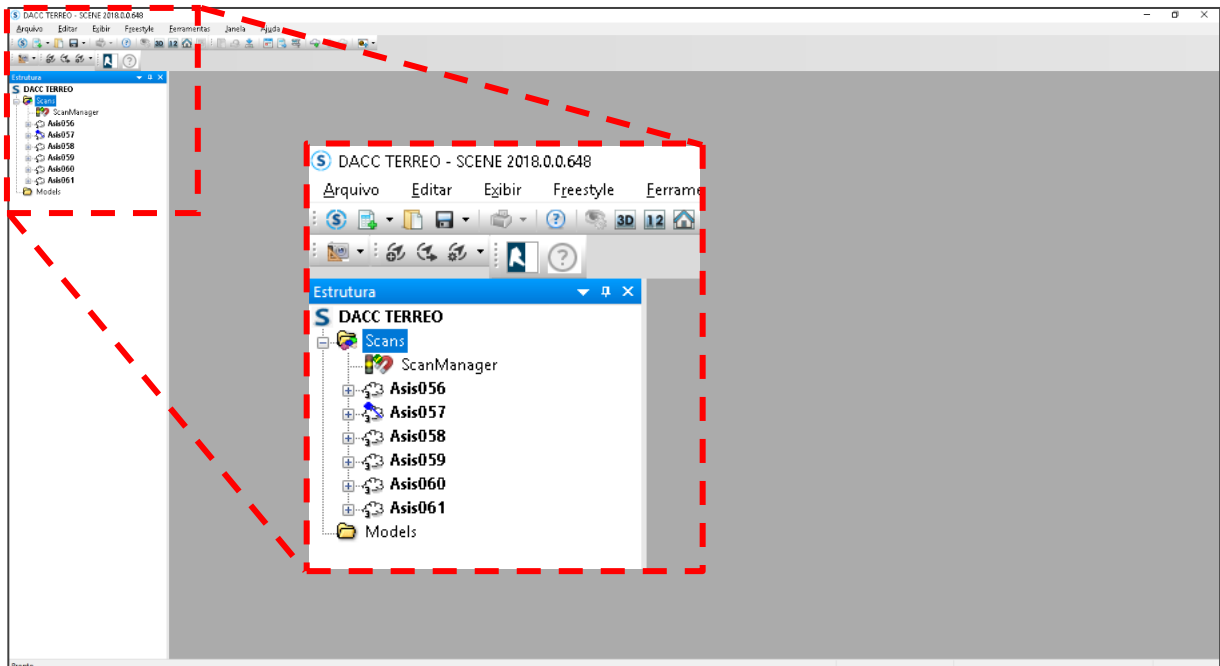
Dependendo do tamanho do projeto o pré-processamento pode levar alguns minutos.

DICA

Crie o hábito de salvar o projeto sempre após um procedimento mais prolongado, como por exemplo, um pré-processamento.

Após o término do pré-processamento você terá algo parecido com o indicado na Figura 22.

Figura 22 – Resultado do pré-processamento

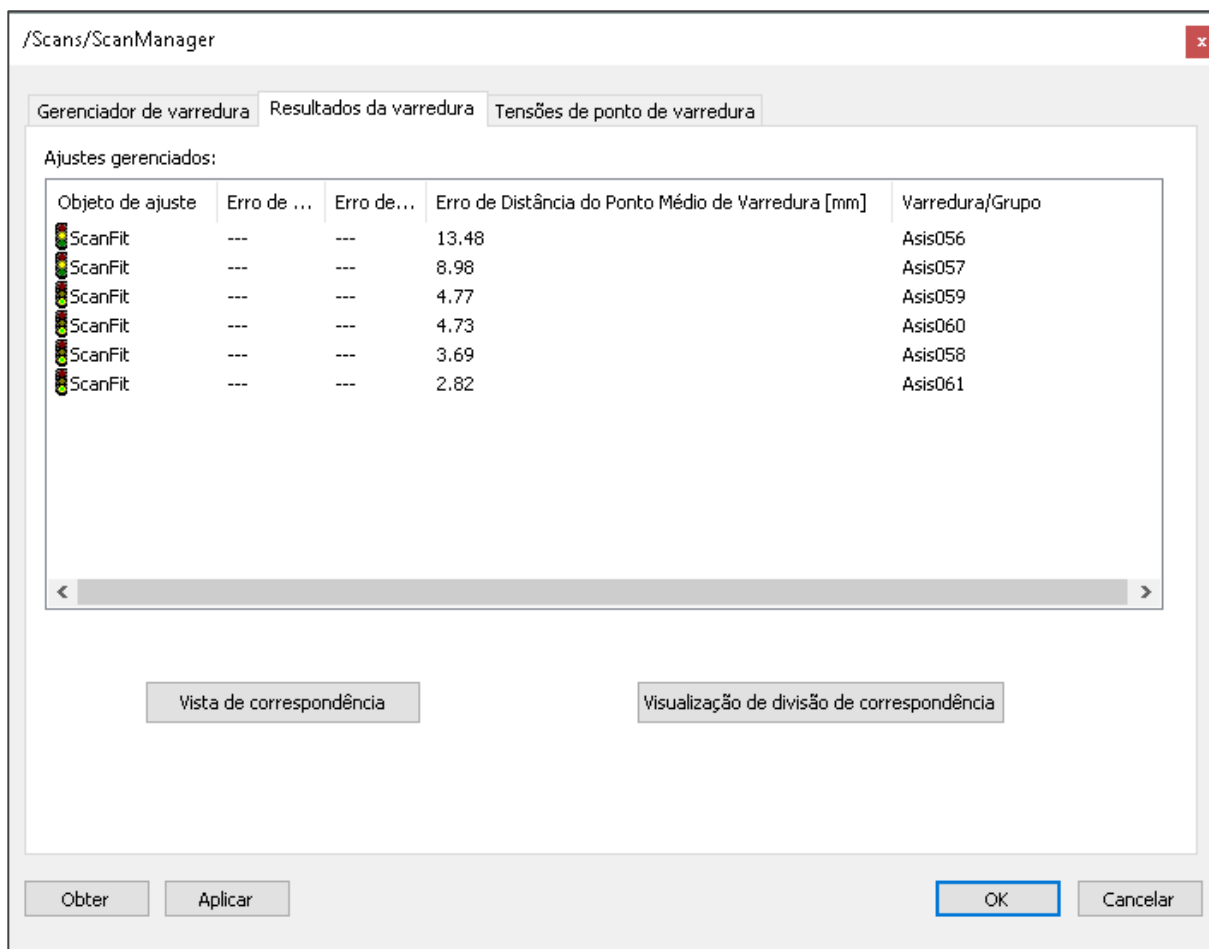


Fonte: autor

O que você vê é o resultado do registro das varreduras no modo “Com base na vista superior”. Observe que logo abaixo do grupo **Scans** foi criado um objeto chamado **ScanManager**. O **ScanManager** exibe os resultados do registro das varreduras. O ícone de um semáforo de trânsito com a luz amarela acesa indica que o ajuste do registro das varreduras (dentro de **Scans**) ficou com a **qualidade comprometida**. Por enquanto isso não é motivo de preocupação, pois o registro no modo “Com base na vista superior” é apenas o primeiro ajuste que se faz para começar a registrar as varreduras de um projeto.

- Clique duas vezes sobre **ScanManager** e depois acesse a aba **Resultados da varredura** (Figura 23);

Figura 23 – Aba Resultados da varredura do ScanManager após posicionamento “Com base na vista superior”



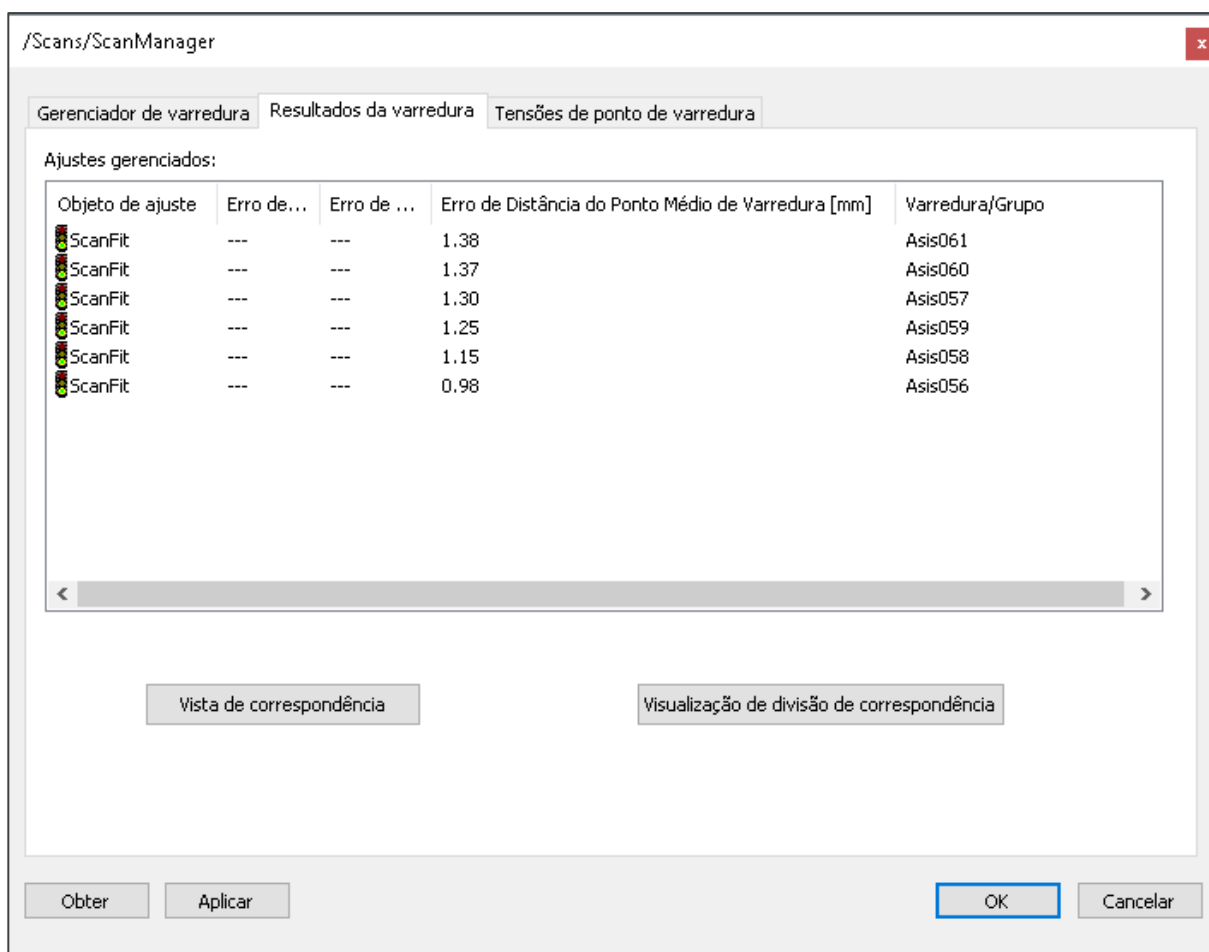
Fonte: autor

Pela aba **Resultados da varredura** é possível verificar que as varreduras Asis056 e Asis057 foram responsáveis pelo resultado **qualidade comprometida** (semáforo com luz amarela acesa), uma vez que seus erros de distância do ponto médio de varredura foram muito altos (13,48 mm e 8,98 mm, respectivamente).

- Feche a janela **ScanManager** clicando em **OK**;
- Clique com o botão direito do mouse sobre **Scans** e depois em **Operações → Registro → Posicionar varreduras**;
- Em **Modo de posicionamento** selecione **“Com base no alvo”** (caso seu escaneamento tenha sido feito utilizando alvos artificiais) ou **“Nuvem a nuvem”** (caso seu escaneamento tenha sido feito utilizando regiões sobrepostas) e clique em **OK**;

Observe que desta vez a janela do **ScanManager** abriu automaticamente exibindo os resultados. A Figura 24 mostra como os erros de distância do ponto médio de varredura diminuíram após um posicionamento **“Nuvem a nuvem”** (exemplo utilizando regiões sobrepostas), alterando também o ícone do semáforo para luz verde.

Figura 24 – Aba resultados da varredura do ScanManager após posicionamento “Nuvem a nuvem”



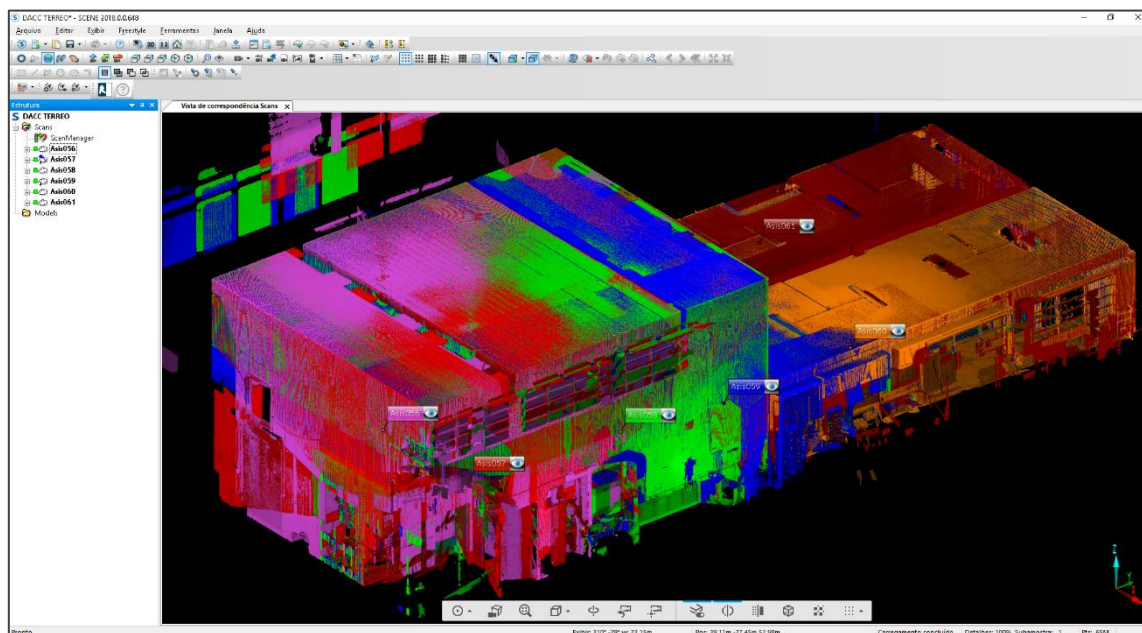
Fonte: autor

- Clique em **OK** para fechar a janela **ScanManager**;
- Para visualizar as varreduras corretamente posicionadas clique com o botão direito do mouse sobre **Scans** e depois em **Exibir → Vista de correspondência**.

A vista de correspondência será exibida a partir de uma vista superior, porém é possível rotacioná-la para uma visualização mais completa (Figura 25), clicando na ferramenta **Examinar**. 

Para definir um ponto central para o giro pressione a tecla **Shift+Scroll** do *mouse* sobre um ponto qualquer do seu conjunto de varreduras. Mantendo pressionado o botão esquerdo do *mouse* e movimentando-o a vista irá girar livremente. Rolar o *Scroll* do *mouse* funciona como *zoom in* e *zoom out*.

Figura 25 – Exibição de vista de correspondência

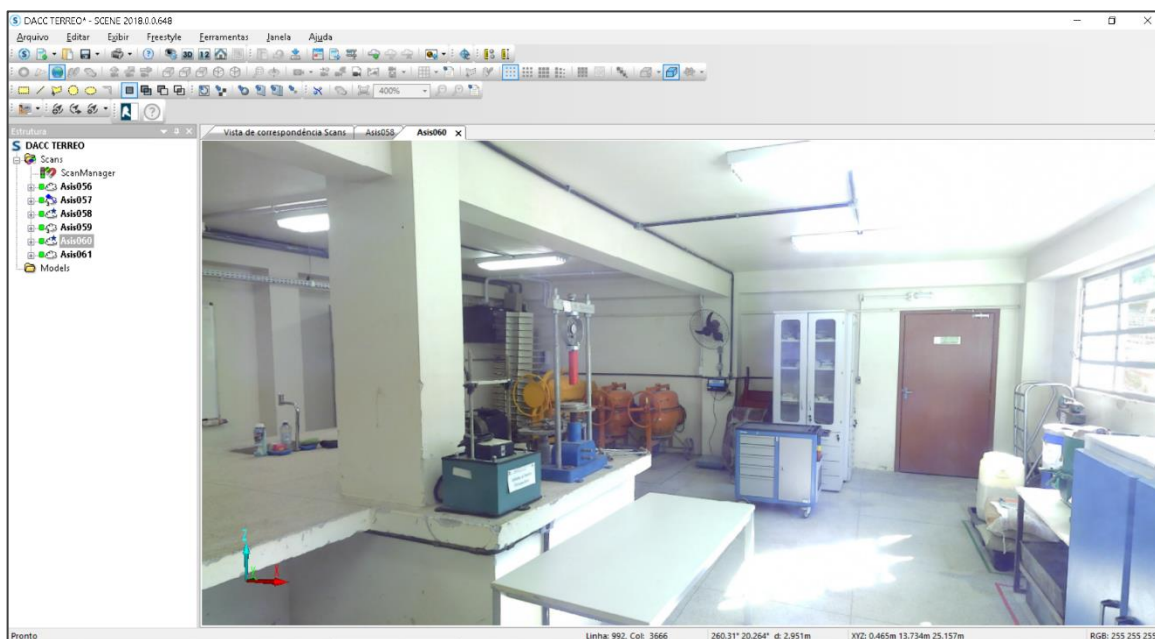


Fonte: autor

Outra maneira de visualizar varreduras é diretamente do ponto onde o *laser scanner* foi posicionado no ambiente para executar a varredura. Para isso, no painel lateral esquerdo **Estrutura**, clique com o botão direito do *mouse* sobre qualquer varredura e depois em **Exibir → Vista rápida** (Figura 26).

Mantendo pressionado o botão esquerdo do *mouse* e movimentando-o a vista irá girar livremente. Rolar o *Scroll* do *mouse* funciona como *zoom in* e *zoom out*.

Figura 26 – Exibição de vista rápida

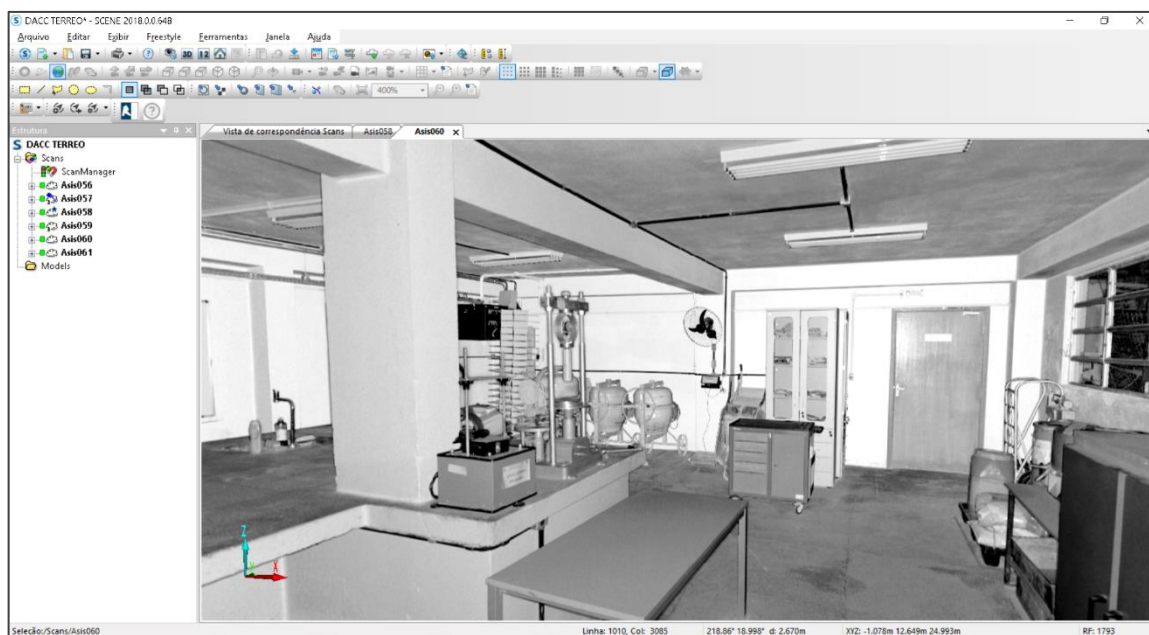


Fonte: autor

A vista rápida exibida na Figura 26 está com as cores aplicadas, mas se não estiverem clique com o botão direito do *mouse* sobre a varredura e depois em **Operações → Cor/imagens → Aplicar figuras**. Lembre-se que para exibir a varredura colorida ela deve ter sido executada com a opção cor ligada.

Apesar das cores facilitarem o entendimento do ambiente escaneado, muitas vezes é preferível visualizá-las em tons de cinza. Observe na Figura 26 que a luz solar refletida no teto do ambiente ofuscou a visualização das luminárias. Já a Figura 27 mostra, na vista rápida em tons de cinza, que a região onde estão as luminárias não sofreu ofuscamento.

Figura 27 – Exibição de vista rápida em tons de cinza



Fonte: autor

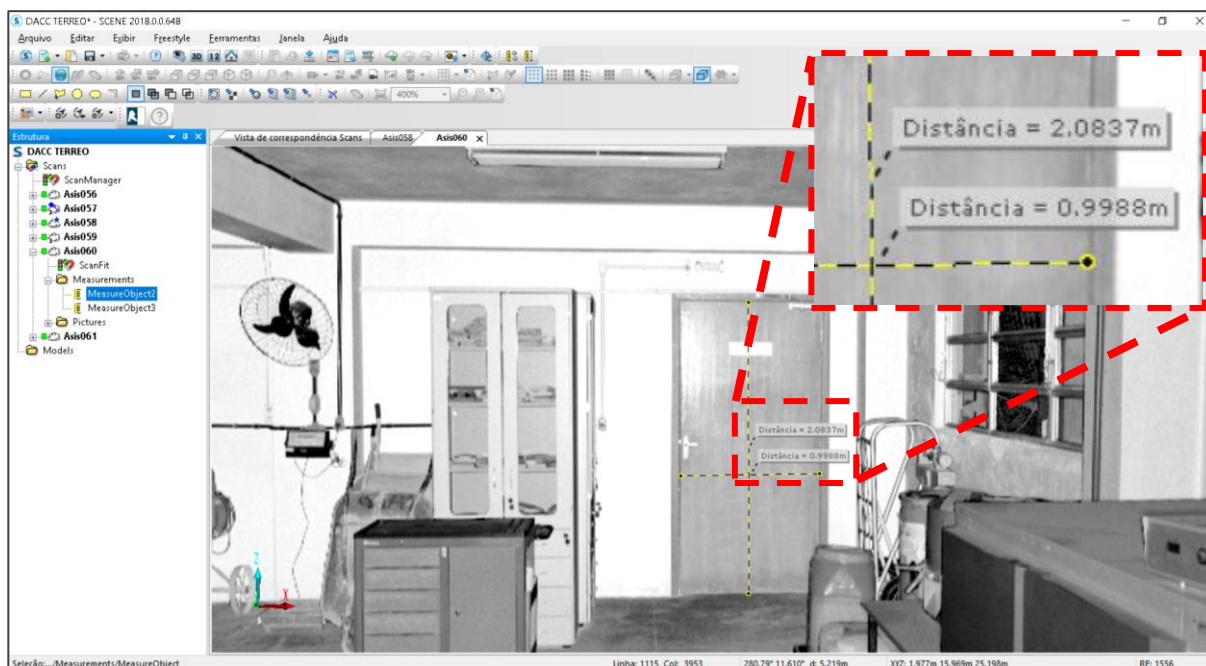
Para exibir a vista rápida em tons de cinza clique com o botão direito do *mouse* sobre a varredura e depois em **Operações → Cor/imagens → Restaurar imagem de cinza**.

A vista rápida oferece também a possibilidade de realizar medidas no ambiente utilizando a ferramenta **Medir entre pontos de varredura** 

Observação: use a ferramenta **Medir entre pontos de varredura** sempre no modo tons de cinza, pois assim tem-se uma visualização mais precisa dos objetos de referência.

Para utilizar a ferramenta basta clicar no ícone  e depois em dois pontos do ambiente, procurando traçar medidas orientando-se pelos planos e bordas dos objetos (Figura 28).

Figura 28 – Exibição de vista rápida com medidas da folha da porta, extraídas dos pontos de varredura



Fonte: autor

3.2.2. Processamento de varreduras avulsas

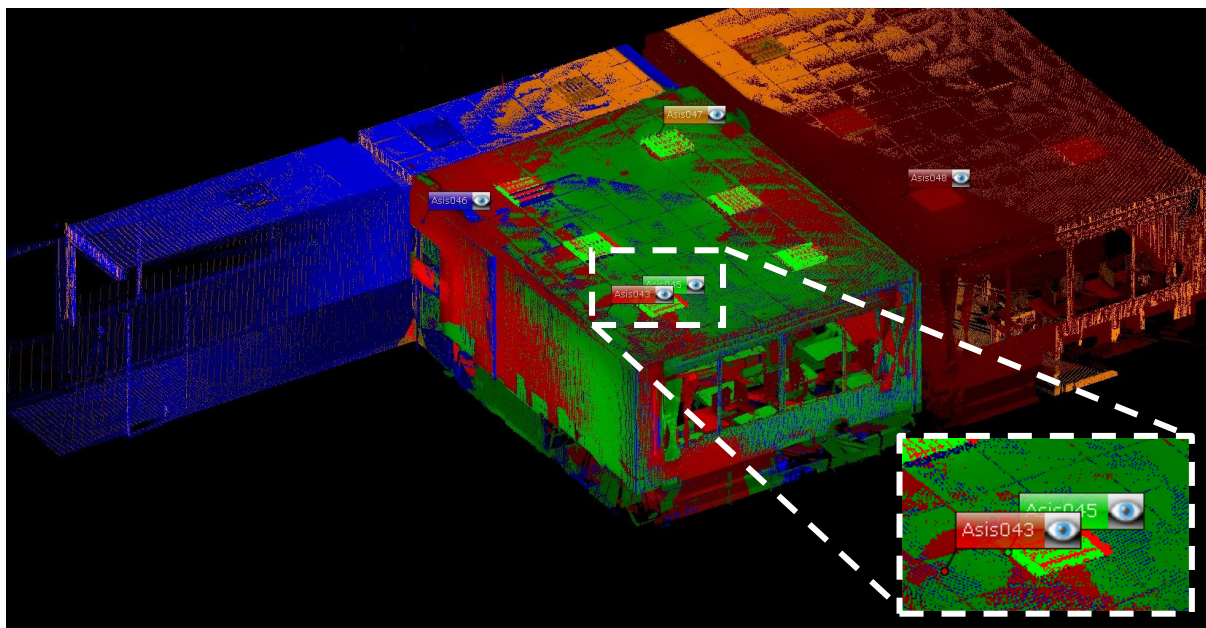
Por melhor que seja o planejamento e escaneamento, muitas vezes algumas varreduras, ao serem processadas, não são registradas corretamente no seu devido local e exigem um ajuste avulso para elas. O ajuste avulso de varreduras pode ocorrer também, por exemplo, quando apenas uma sala do edifício é reformada e você gostaria de atualizar a nuvem de pontos do projeto. Outro exemplo é quando escaneiam-se ambientes idênticos, como um bloco de salas de aula. Nesse caso o Scene pode registrar incorretamente varreduras de salas idênticas uma sobre a outra (caso você tenha utilizado o método de regiões sobrepostas).

DICA

Exiba sempre a vista de correspondência após o término do comando de registro para certificar-se de que as varreduras foram corretamente registradas.

A Figura 29 ilustra o exemplo em que o Scene registrou varreduras de salas idênticas uma sobre a outra. Observe que a varredura **Asis043** (nuvem vermelha, sala de aula 209) está sobre a **Asis045** (nuvem verde, sala de aula 210).

Figura 29 – Exemplo de registro sobreposto de varreduras

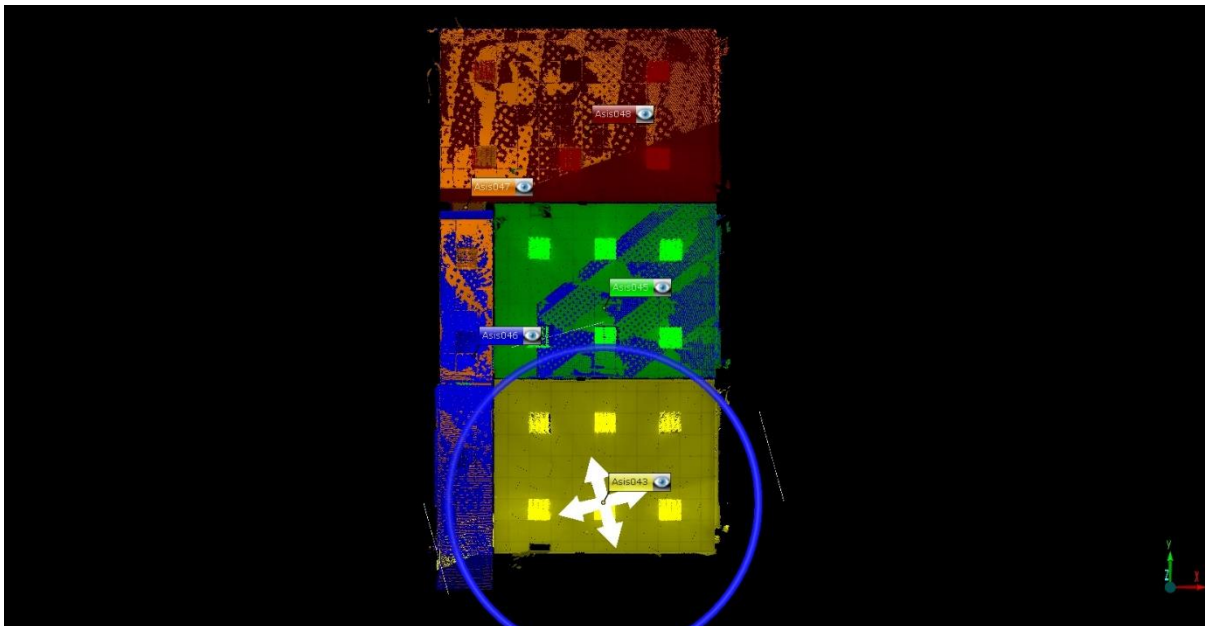


Fonte: autor

Nesse caso deve-se fazer uma movimentação manual da varredura **Asis043** para sua posição real aproximada através da vista de correspondência. Como nesse exemplo a varredura **Asis043** já está nivelada e rotacionada corretamente basta movimentá-la horizontalmente.

- Para abrir a vista de correspondência clique com o botão direito do mouse sobre **Scans** e depois em **Exibir → Vista de correspondência**;
- Clicando sobre a varredura **Asis043** aparecerá o manipulador, que é uma ferramenta que possibilita mover e rotacionar livremente a varredura. Caso o manipulador esteja obstruindo a visualização da varredura, pressione a tecla **–** ou **+** para redimensioná-lo;
- Para mover a varredura basta clicar sobre a cruz branca e arrastá-la até que a varredura esteja aproximadamente na posição correta, como mostrado na Figura 30. Lembre-se de considerar a espessura de paredes ao fazer o posicionamento manual.

Figura 30 – Varredura movida manualmente para sua posição correta

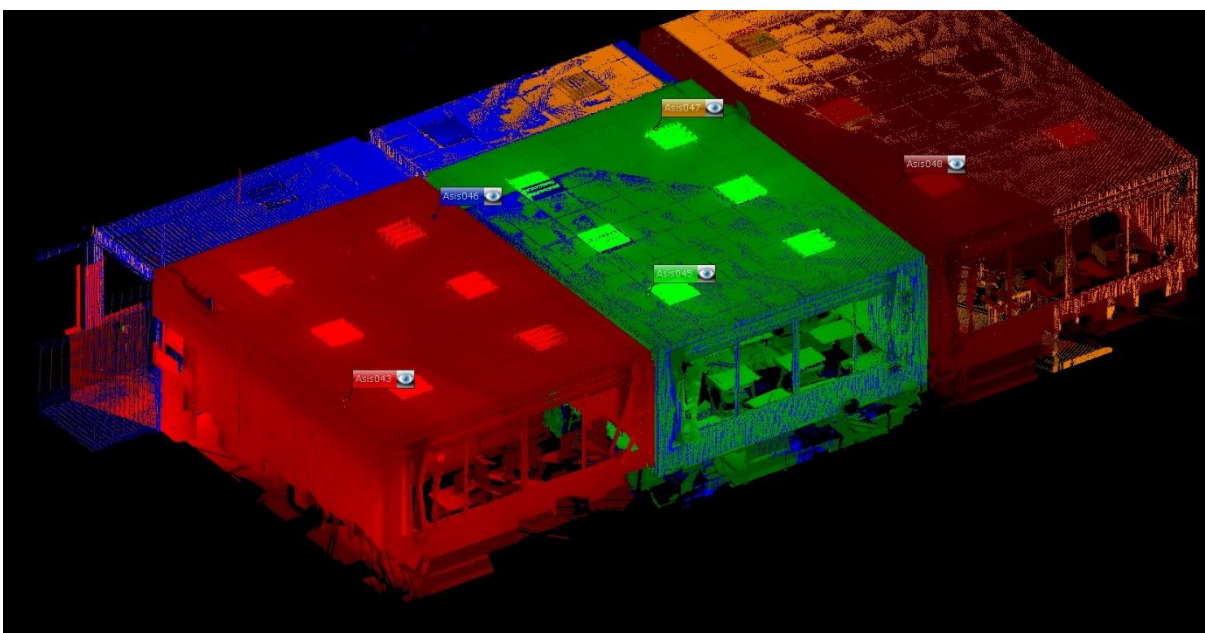


Fonte: autor

- Para finalizar basta executar um novo registro, clicando com o botão direito do *mouse* em **Scans** e depois em **Operações → Registro → Posicionar varreduras**;

O resultado final é exibido na Figura 31.

Figura 31 – Vista de correspondência mostrando posicionamento correto da varredura Asis043

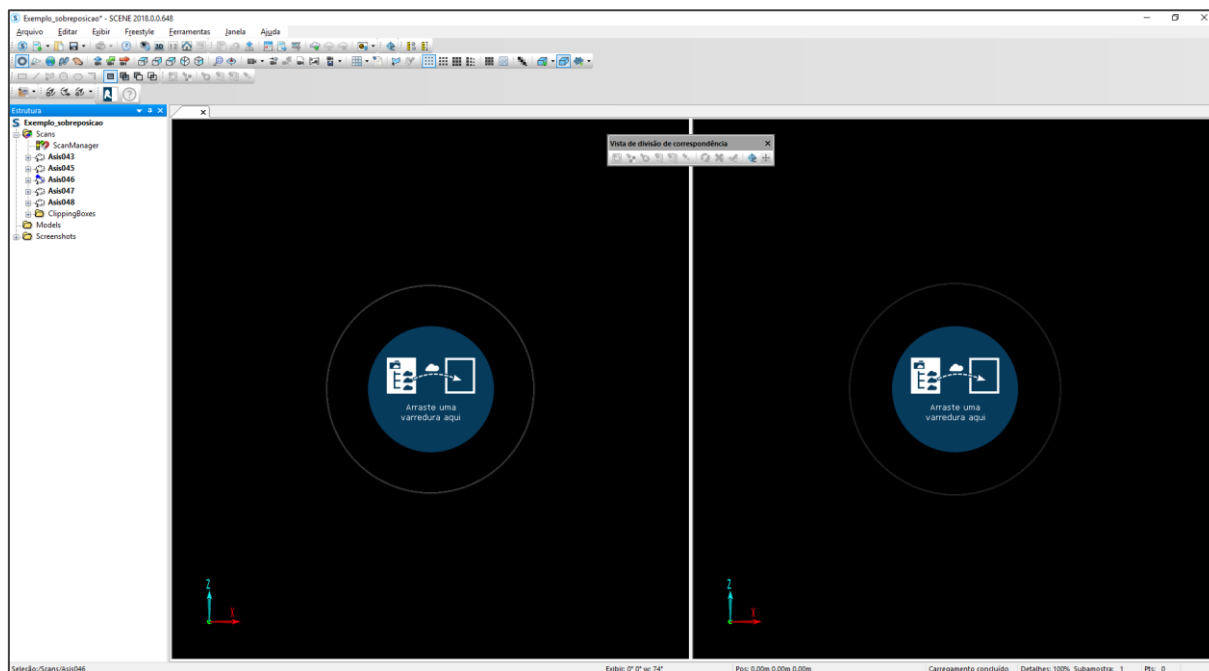


Fonte: autor

O exemplo anterior se referia a um registro avulso utilizando regiões sobrepostas. No exemplo a seguir será descrito como registrar uma varredura avulsa utilizando alvos artificiais, ou seja, registrando a varredura no modo “Com base no alvo”.

- Selecione a ferramenta **Criar vista de divisão de correspondência**  . Será aberta uma vista conforme ilustrado na Figura 32;

Figura 32 – Exibição da vista de divisão de correspondência



Fonte: autor

- Selecione e arraste para a tela à esquerda a varredura vizinha que contém os alvos em comum com a varredura avulsa, que nesse caso é a **Asis046** e já está corretamente registrada;
- Selecione e arraste para a tela à direita a varredura que necessita ser registrada, que nesse exemplo será a **Asis043**;

Se a localização de alvos artificiais foi executada com sucesso anteriormente na etapa de pré-processamento você verá os alvos nomeados e correspondidos, como mostrado na Figura 33.

Figura 33 – Exibição de esferas com relação de correspondência



Fonte: autor

Caso os alvos não estejam correspondidos isso pode ser feito manualmente de forma muito rápida utilizando a caixa de ferramenta “Vista de divisão de correspondência”.

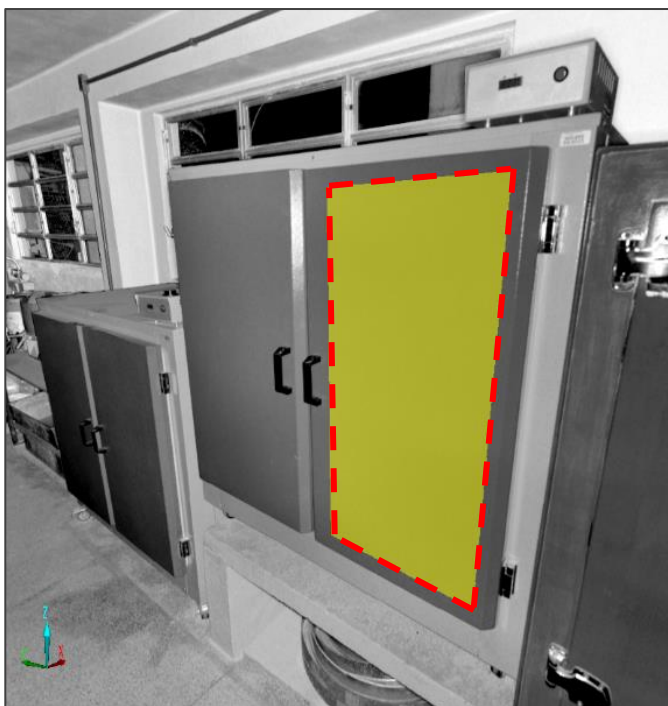
- Na caixa de ferramentas “Vista de divisão de correspondência” clique sobre **Marcar esfera** 
- Clique sobre as esferas das duas varreduras e após a escolha da última esfera o Scene as renomeará e fará a correspondência entre elas automaticamente;
- Clique com o botão direito do mouse sobre a varredura que se deseja registrar e depois em **Operações → Registro → Posicionar varredura** lembrando de alterar o **Modo de posicionamento** para “Com base no alvo”;
- Clique em **OK**.

Uma terceira forma de registrar varreduras avulsas é criando alvos artificiais manualmente em objetos comuns entre as varreduras. Uma forma eficiente de se fazer isso é criando planos, lembrando que deve haver pelo menos dois planos comuns entre as varreduras (para varreduras escaneadas com o inclinômetro ligado) e esses planos não devem estar alinhados com o laser scanner e de preferência estarem o mais afastados possível entre si.

- Selecione a ferramenta **Criar vista de divisão de correspondência** 
- Selecione e arraste para a tela à esquerda a varredura vizinha a qual você deseja registrar, que é uma varredura que já foi registrada corretamente;
- Selecione e arraste para a tela à direita a varredura que necessita ser registrada;
- Selecione a ferramenta **Seletor de polígonos** 
- Na tela da esquerda selecione um plano tomando o cuidado para que o ângulo entre o *laser scanner* e este plano não seja inferior a 45°;

- Dê três cliques, um em cada vértice do polígono que conterá os pontos do plano que você deseja criar e o quarto dê um duplo clique, para fechar automaticamente o polígono. Procure criar polígonos com arestas paralelas, de preferência quadrados ou retângulos, orientando-se pelas linhas e bordas dos objetos do ambiente, como ilustrado na Figura 34;

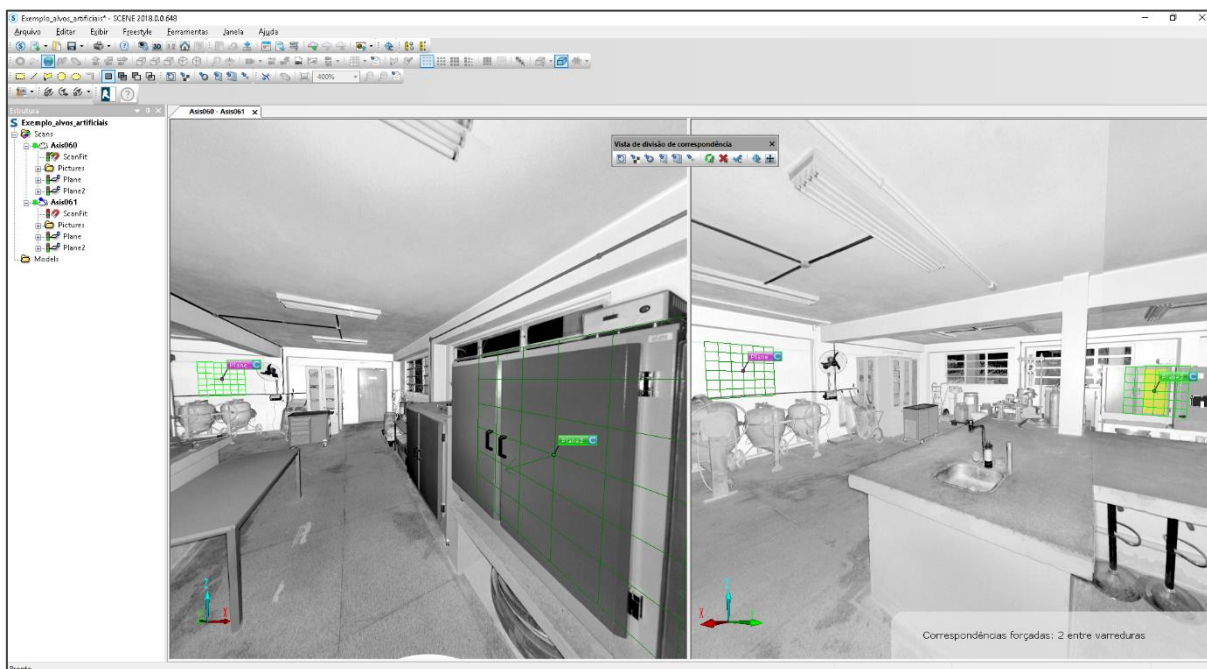
Figura 34 – Polígono traçado sobre a porta da estufa para criação manual de plano



Fonte: autor

- Após o fechamento automático do polígono clique com o botão direito do *mouse* sobre a área em amarelo e depois em **Criar objetos → Plano**;
- Verifique na janela **Planefit** se o campo “Número de pontos de varredura” apresenta um número superior a 80. Caso seja superior a 80 clique em **OK**, senão clique em **Excluir** e repita os dois últimos passos em outro plano em comum entre as varreduras que contenha pontos suficientes;
- Repita os três últimos passos selecionando outro plano nessa mesma varredura;
- Depois de criar os dois planos corretamente na varredura da esquerda, faça o mesmo na varredura da direita;
- Na caixa de ferramentas “Vista de divisão de correspondência” clique sobre **Forçar correspondência**
- Clique sobre um dos planos na janela da esquerda e depois sobre o mesmo plano da janela a direita;
- Repita o passo anterior para o outro plano. O resultado final deve se algo parecido com a Figura 35;

Figura 35 – Planos criados e correspondidos manualmente



Fonte: autor

- Clique com o botão direito do *mouse* sobre a varredura que se deseja registrar e depois em **Operações → Registro → Posicionar varredura** lembrando de verificar se o **Modo de posicionamento** está como “Com base no alvo”;
- Clique em **OK**.

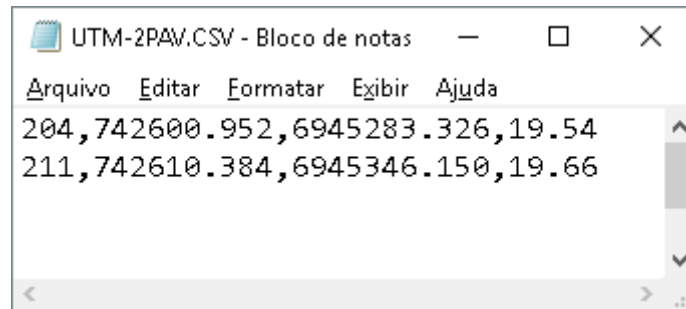
3.2.3. Processamento utilizando referências externas

Para que seu levantamento fique georreferenciado, ou quando tratam-se de plantas extensas ou prédios de vários pavimentos, é interessante que se utilize referências externas para o registro das varreduras. Para o caso de plantas extensas ou prédios de vários pavimentos, utilizar referências externas tornará o registro mais preciso, diminuindo a propagação dos desvios.

Uma boa prática é utilizar grupos de varreduras, com alvos artificiais fixados nos ambientes das extremidades deste grupo, fazendo um levantamento topográfico desses alvos com auxílio de estações totais baseadas em um ponto georreferenciado.

A seguir será descrito como fazer o registro de um grupo de varreduras, utilizando como exemplo o segundo pavimento do prédio do DACC. Para isso será necessário criar um arquivo CSV com as coordenadas UTM levantadas pela estação total, que deve ter o formato apresentado na Figura 36.

Figura 36 – Exemplo de arquivo CSV com as coordenadas UTM dos alvos artificiais

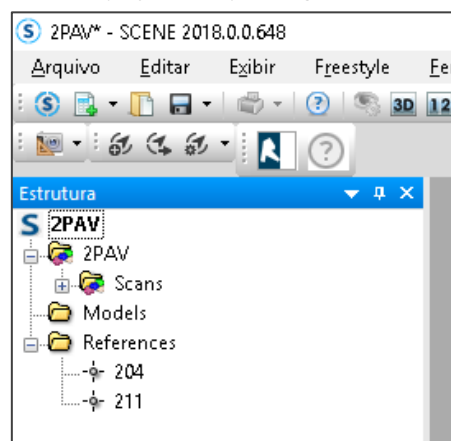


Fonte: autor

Na primeira linha, o 204 se refere ao nome do ponto (nomeado manualmente para corresponder a sala onde o tabuleiro se encontra), 742600.952 a coordenada Leste, 6945283.326 a coordenada Norte e 19.54 a altitude do ponto.

- Faça o registro das varreduras normalmente, como já descrito nesse capítulo;
- Após registradas todas as varreduras com qualidade satisfatória bloqueie o **ScanManager** do projeto clicando com o botão direito do *mouse* sobre ele e depois em **Bloquear todos**. O ícone do **ScanManager** apresentará um cadeado fechado;
- Clique com o botão direito do *mouse* sobre o nome do seu projeto e depois em **Novo → Grupo**;
- Preencha o campo **Nome** com um nome de sua preferência, por exemplo **2PAV** e clique em **OK**;
- Selecione o grupo **Scans** (ou o grupo que contém todas as varreduras do projeto) e arraste-o para dentro do grupo recém criado, **2PAV**;
- Abra o Windows Explorer e arraste o arquivo CSV com as coordenadas UTM para dentro do projeto no Scene;
- Na janela **Importar referências** verifique se a opção "Importar no nível do local de trabalho" está selecionada e clique em **Importar**. Observe que uma pasta chamada **References** foi criada com os pontos georreferenciados, como mostrado na Figura 37;

Figura 37 – Estrutura do projeto com pontos georreferenciados importados



Fonte: autor

Os alvos artificiais correspondentes aos pontos georreferenciados devem ter sido detectados automaticamente durante o pré-processamento do projeto. A Figura 38 mostra os tabuleiros detectados nesse exemplo.

Figura 38 – Posição dos tabuleiros nos extremos do grupo de varreduras



Fonte: autor

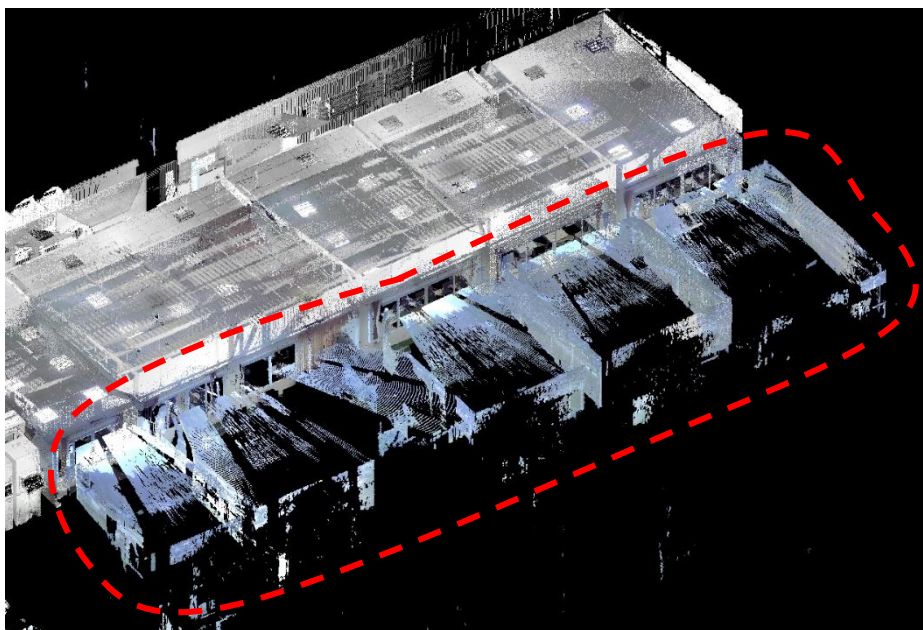
- Clique com o botão direito do *mouse* no grupo 2PAV e depois em **Operações → Registro → Posicionar varredura**, lembrando de verificar se o **Modo de posicionamento** está como “Com base no alvo”;
- Clique em **OK**.

Observe que os alvos artificiais que antes tinham nomes como **Checkboard1**, por exemplo, foram renomeados com o nome dos pontos georreferenciados correspondentes. Com um clique duplo sobre os alvos artificiais recém transformados é possível verificar as coordenadas UTM atribuídas a eles.

3.3. Finalização do processamento

Após todo o processamento das varreduras e antes da exportação da nuvem de pontos recomenda-se fazer uma verificação geral de qualidade da nuvem, analisando-a não somente em perspectiva, mas também em vistas ortogonais e cortes a fim de detectar eventuais registros de varreduras desalinhados. Nesse momento provavelmente serão encontrados também pontos fantasmas, que são pontos resultantes do escaneamento de superfícies reflexivas. A Figura 39 mostra em destaque pontos fantasmas que foram criados por varreduras executadas de dentro das salas de aula. Dependendo do projeto a limpeza de pontos fantasmas poderá tornar a nuvem de pontos bem mais enxuta e leve para ser processada pelo computador.

Figura 39 – Exemplo de pontos fantasmas gerados por vidro reflexivo



Fonte: autor

Uma sugestão para excluir pontos fantasmas é utilizando a ferramenta **Seletor de polígono** 

- Carregue as varreduras que você deseja trabalhar clicando com o botão direito do *mouse* sobre elas e depois em **Carregado**. Se você preferir carregar todas as varreduras de um grupo de uma só vez clique com o botão direito do *mouse* sobre o grupo e depois em **Carregar todas as varreduras**;
- Para abrir a vista de correspondência clique com o botão direito do *mouse* sobre a varredura ou sobre o grupo e depois em **Exibir → Vista de correspondência**;
- Aproxime da região com os pontos que você deseja excluir e selecione a ferramenta **Seletor de polígono**;
- Dê três cliques, um em cada vértice do polígono abrangendo os pontos que você deseja excluir e o quarto dê um duplo clique, para fechar automaticamente o polígono;
Observação: use a ferramenta **Seletor de polígono** sempre em vista superior ou lateral e certifique-se de que não há pontos atrás ou abaixo do polígono que você definiu que deveriam permanecer no projeto. O polígono criado com a ferramenta **Seletor de polígono** é, na verdade, a seção transversal de um prisma com profundidade infinita, ou seja, todos os pontos atrás ou abaixo dessa seção serão selecionados.
- Clique com o botão direito do *mouse* sobre o polígono em amarelo e depois em **Excluir dentro da seleção**;

Repita os passos anteriores para excluir demais pontos indesejados, como vegetação, edificações vizinhas, automóveis, pessoas, entre outros.

Após a exclusão dos pontos indesejados é
isso basta clicar em **Limpe e compacte o projeto**



recomenda-se limpar o projeto. Para
de varredura

4. EXPORTAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS

Após terminado o processamento é hora de exportar a nuvem de pontos do projeto. O Scene pode exportar a nuvem de pontos nos formatos CPE, E57, VRML, DXF, RCS, XYZ Text, XYZ Binary, IGES, FLS e PTS. O que definirá o formato de arquivo de nuvens de pontos será o uso que você fará dela. Para a modelagem *as-is* BIM do prédio do DACC foi utilizado o formato RCP, que é compatível com o software Revit e permite que se tenha um desempenho computacional melhor se comparado ao formato RCS.

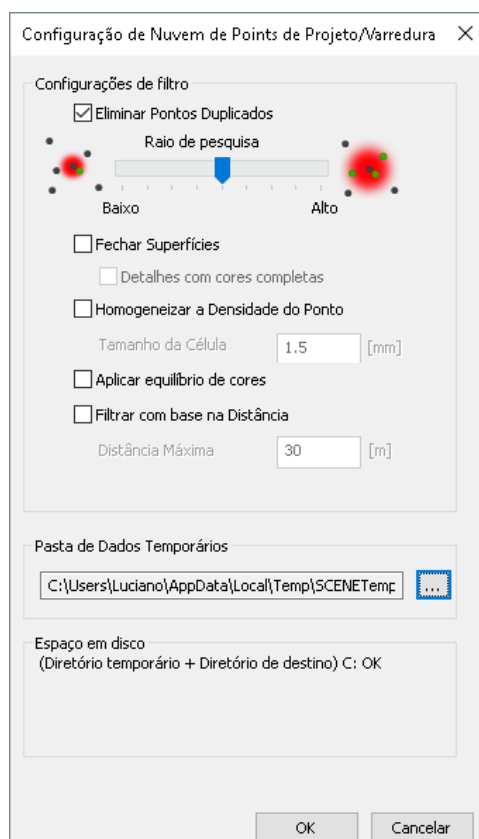
Lembre-se de que o Scene utiliza espaço em disco de até sete vezes o somatório dos arquivos de varredura durante a geração de nuvens de pontos. Esse espaço é temporário e será liberado após a geração da nuvem de pontos. A nuvem de pontos do projeto pode ter um tamanho de até quatro vezes o somatório dos arquivos de varredura.

Antes de exportar a nuvem de pontos ela deve ser criada no projeto. Para isso proceda conforme descrito a seguir:

- Selecione a ferramenta **Criar nuvem de pontos do projeto**;

A janela **Configuração da Nuvem de Pontos de Projeto/Varredura** apresenta as configurações de filtro a serem aplicadas na criação da nuvem de pontos.

Figura 40 – Sugestão de configuração de filtros para criação da nuvem de pontos



Fonte: autor

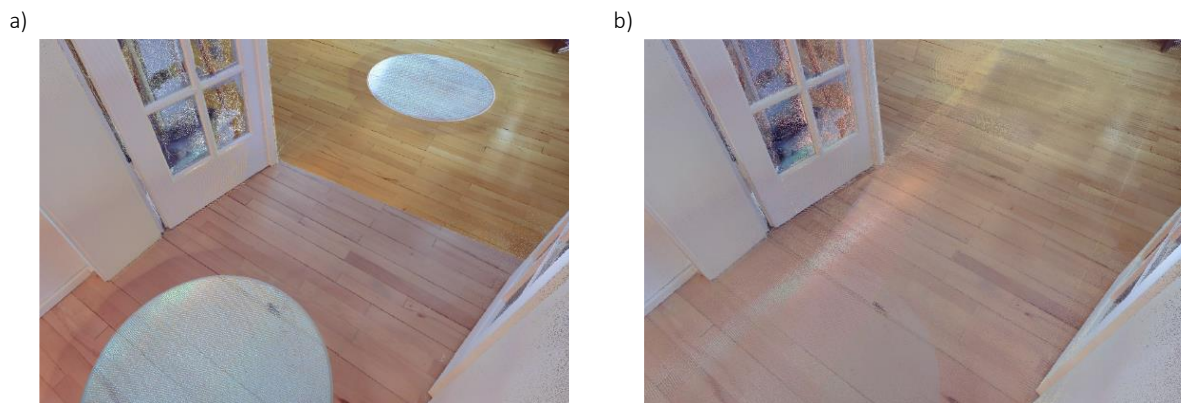
É importante que a caixa **“Eliminar Pontos Duplicados”** esteja selecionada, pois isso otimizará a nuvem excluindo pontos sobrepostos de um mesmo objeto capturados por mais de uma varredura. Pelo controle deslizante é possível configurar o raio de pesquisa dos pontos duplicados, quanto mais para direita, mais pontos duplicados serão eliminados, gerando uma nuvem de pontos menos densa.

Selecione a caixa **“Fechar superfícies”** caso você queira que pontos adicionais sejam interpolados entre os pontos de varredura originais, criando a impressão de superfícies mais densas. Se você selecionar essa opção é interessante selecionar também **“Detalhes com cores completas”** caso queira que esses pontos sejam recuperados das fotos coloridas capturadas pelo *laser scanner*.

“Homogeneizar a Densidade do Ponto” deve ser selecionada se você deseja equilibrar a densidade de pontos da nuvem onde a densidade média é excedida, por exemplo, nas regiões próximas ao *laser scanner*, onde a densidade de pontos é extremamente alta, ou onde duas ou mais varreduras se sobrepõem.

A caixa **“Aplicar equilíbrio de cores”** deve ser marcada apenas se a exibição de vistas panorâmicas 360° em alta qualidade for um requisito do seu projeto. A Figura 41 mostra a diferença da aplicação do equilíbrio de cores.

Figura 41 – Visualização panorâmica de varredura
a) sem aplicação de equilíbrio de cores; b) com aplicação de equilíbrio de cores



Fonte: Faro (2016)

Utilize **“Filtrar com base na Distância”** como uma forma de excluir pontos indesejados a distâncias superiores ao raio especificado. Isso dependerá exclusivamente de cada projeto.

A janela **Configuração da Nuvem de Pontos de Projeto/Varredura** apresenta também a pasta temporária utilizada para geração da nuvem de pontos e se o espaço em disco do seu computador é suficiente para isso.

- Para criar a nuvem de pontos do projeto clique em **OK** e aguarde o término do processo;

DICA

A criação da nuvem de pontos poderá durar de alguns minutos a várias horas e durante o processo seu computador utilizará grande capacidade de CPU para isso, o que talvez torne insatisfatório o desempenho de outros softwares utilizados em paralelo. Dependendo do tamanho e complexidade do seu projeto talvez seja interessante deixar o processo de criação da nuvem de pontos rodando durante a noite.

- Na janela **Estrutura** clique com o botão direito do *mouse* sobre o grupo mais alto na hierarquia do projeto e depois em **Importar/exportar → Exportar como Projeto**;
- Na janela **Exportar como Projeto**, em **Formato** selecione a opção “**Projeto ReCap (*.rcp)**”;
- Em **Localização** insira um nome para a nuvem de pontos, especifique a pasta onde os arquivos serão armazenados e clique em **Exportar**.

Ao final do processo de exportação haverá uma pasta com o nome do projeto, especificado no passo anterior, e dentro dela um arquivo RCP que deverá ser importado no Revit para proceder com a modelagem BIM. Caso você queira fazer uma cópia da nuvem de pontos será necessário copiar todo o conteúdo da pasta original de projeto, incluindo a subpasta *nome_do_projeto Support*, onde ficam armazenados os arquivos RCS.

5. MODELAGEM BIM

Antes da modelagem BIM propriamente dita é necessário importar a nuvem de pontos para dentro do seu projeto no Revit e a forma de importação dependerá se sua nuvem está ou não georreferenciada. Após a importação deve-se ainda preparar as vistas do Revit de modo a tornar a modelagem mais ágil.

5.1. Importação de nuvem de pontos não georreferenciada

Se sua nuvem de pontos não está georreferenciada proceda como descrito a seguir:

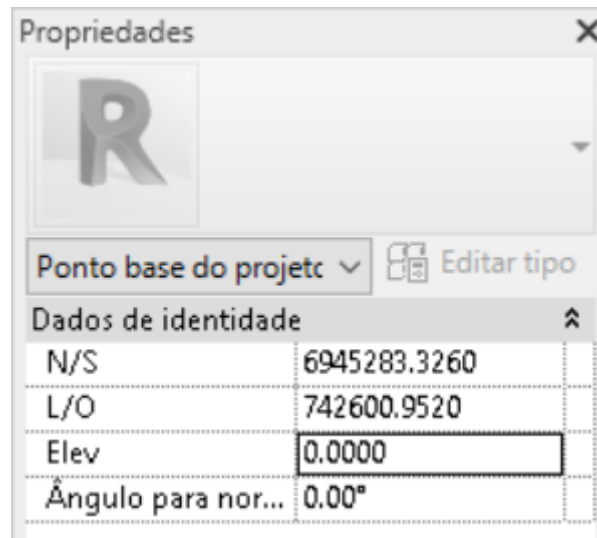
- Abra um projeto novo no Revit, utilizando o modelo de sua preferência;
- Clique em **Inserir → Nuvem de pontos**;
- Navegue até a pasta onde está armazenado o arquivo RCP referente a nuvem de pontos, selecione-o, em **Posicionamento** selecione a opção “Auto – Origem para Origem” e clique em **Abrir**;

5.2. Importação de nuvem de pontos georreferenciada

Se sua nuvem de pontos estiver georreferenciada proceda da seguinte maneira:

- Abra um projeto novo no Revit, utilizando o modelo de sua preferência;
- Digite **UN** para abrir a janela **Unidades de projeto** e em **Linear** selecione a mesma unidade de comprimento a qual estava configurado seu arquivo CSV com as coordenadas UTM. Para o prédio do DACC utilizou-se o metro, como mostrado na Figura 37. Clique em **OK**;
- Na vista **Nível 1** clique no botão **Revelar elementos ocultos** 
- Selecione o objeto **Ponto base do projeto** e na janela **Propriedades**, preencha os campos “N/S” e “L/O” com os dados de um dos pontos georreferenciados no arquivo CSV e clique em **Aplicar**. A Figura 42 mostra como seria preenchido se o ponto 204 (Figura 37) fosse escolhido para isso;

Figura 42 – Exemplo de configuração de coordenadas para o Ponto base do projeto



Propriedades

Ponto base do projeto ▾ Editar tipo

Dados de identidade ^

N/S	6945283.3260
L/O	742600.9520
Elev	0.0000
Ângulo para nor...	0.00°

Fonte: autor

Observe que após clicar em **Aplicar** o **Ponto base do projeto** e o **Ponto de pesquisa** não são mais exibidos na tela. Isso se deve ao fato das coordenadas inseridas serem muito distantes da origem do projeto.

- Digite **ZE** para aplicar um zoom abrangendo todos os elementos da vista Nível 1 e observe que o **Ponto base do projeto** está com as coordenadas atribuídas anteriormente;
- Clique em **Inserir → Nuvem de pontos**;
- Navegue até a pasta onde está armazenado o arquivo RCP referente a nuvem de pontos, selecione-o, em **Posicionamento** selecione a opção “**Auto – Através de coordenadas compartilhadas**” e clique em **Abrir**;
- Clique em **Sim** na mensagem de aviso de que as coordenadas da nuvem de pontos são maiores do que 30.000;
- Na janela **Navegador de projeto** clique em **Elevações → Leste**.

Nessa vista você verá os objetos níveis originais vindos do modelo do Revit além da nuvem de pontos recém inserida. Observe que a nuvem de pontos foi inserida em uma elevação correspondente a elevação do objeto de referência externa do arquivo CSV. Isso pode ser confirmado medindo a distância vertical do centro do objeto de referência externa (esfera ou tabuleiro) até o nível 1 (altitude 0).

Observação: dependendo do azimuth da nuvem recém inserida talvez não seja possível visualizá-la na vista de elevação Leste. Caso isso aconteça basta tentar alguma das outras vistas de elevação.

5.3. Preparação de vistas no Revit

Com a nuvem de pontos já inserida deve-se então preparar as vistas do modelo no Revit, mas antes é importante fixar a nuvem de pontos para que ela não seja movida acidentalmente.

- Abra uma vista 3D de modo que apareça toda a nuvem de pontos, selecione-a e no menu **Modificar** clique em **Fixar**.

Dependendo da altitude da nuvem de pontos georreferenciada, talvez ainda não seja possível visualizá-la em uma vista de planta. Se esse for o caso você deverá criar objetos Nível utilizando uma vista de elevação em que seja possível visualizar a nuvem de pontos. Crie um Nível temporário, cortando a nuvem de pontos em uma altura na qual será possível visualizar em planta uma parede da edificação.

Antes de criar os objetos Nível recomenda-se marcar a opção **Selecionar vínculos**, para evitar que a nuvem de pontos mude de cor cada vez que o ponteiro do mouse passar sobre ela. A opção **Selecionar vínculos** fica no canto inferior direito da área de trabalho do Revit .

O próximo passo é ajustar o norte do projeto, para que a nuvem de pontos seja exibida com a mesma orientação que você deseja utilizar em seu projeto no Revit.

- Abra a vista de planta referente ao nível temporário criado anteriormente;
- Na janela **Propriedades**, em **Orientação** a opção “**Norte do projeto**” deve ser a orientação corrente;
- No menu **Anotar** selecione a ferramenta **Linha de detalhe** e trace uma linha sobre uma face de parede que esteja sendo mostrada claramente na nuvem de pontos;
- No menu **Gerenciar** clique em **Posição → Rotacionar norte do projeto** e na janela **Rotacionar projeto** selecione a opção “**Alinhar a linha ou plano selecionado**” e clique sobre a linha recém traçada;

Observe que o Revit rotacionou o projeto de modo que a linha recém traçada coincidissem com um eixo vertical ou horizontal (o que estava com menor ângulo entre a linha e o eixo). Se essa ainda não é a orientação que você deseja utilizar em seu projeto clique novamente em **Gerenciar → Posição → Rotacionar norte do projeto**, só que dessa vez selecione 90° no sentido horário, anti-horário ou mesmo 180°.

Observação: rotacionar o norte do projeto não altera a orientação azimutal da nuvem de pontos, mas sim apenas a orientação de como seu projeto será trabalhado no Revit e como será representado em pranchas.

Agora que o norte do projeto já foi definido, o próximo passo é criar planos de corte auxiliares. Esses planos de corte tem o objetivo de auxiliar na modelagem e serão movidos várias vezes de local durante o processo.

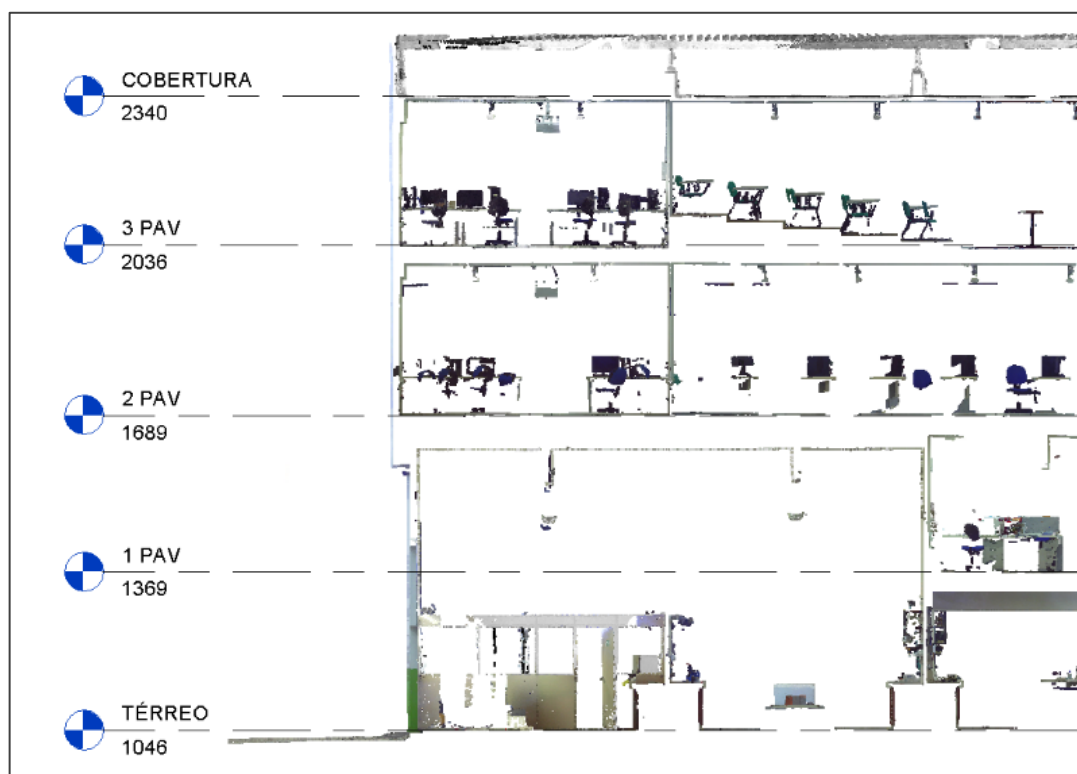
Comece traçando um plano de corte transversal e outro longitudinal, abrangendo toda a edificação.

DICA

Ajuste os cortes auxiliares para uma profundidade baixa. Isso fará com que o corte abranja apenas uma curta faixa de pontos da nuvem, tornando a visualização mais limpa e a modelagem mais precisa.

Abra a vista correspondente ao corte longitudinal e comece a criar os níveis do projeto referentes aos pavimentos reais da edificação (térreo, pavimento 1, pavimento 2,...), posicionando a linha de cada nível sobre o piso correspondente na nuvem de pontos, como mostrado na Figura 43. É importante que esses níveis também sejam plantas de piso.

Figura 43 – Vista de corte mostrando objetos níveis criados sobre a nuvem de pontos



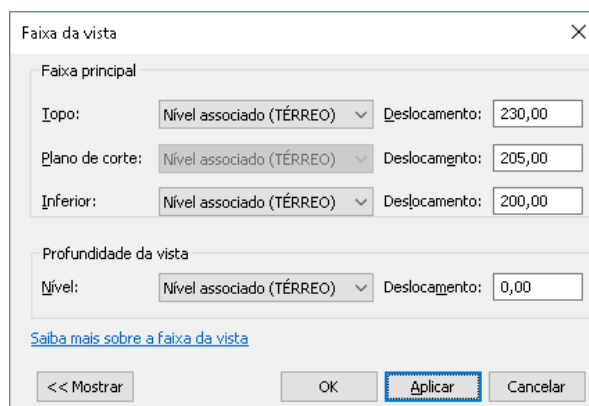
Fonte: autor

Agora deve-se ajustar as faixas de vista de cada pavimento de modo a mostrar em planta baixa as paredes para que se possa modelá-las com precisão. Para plantas baixas vale o mesmo conceito descrito na dica anterior, que é de criar uma profundidade baixa para a faixa de vista.

DICA

Um dos principais problemas enfrentados ao modelar um *as-is* é a obstrução causada pelo mobiliário do ambiente na detecção das paredes. Isso faz com que você tenha que alterar várias vezes a faixa de vista até que seja possível visualizar em planta claramente as paredes e esquadrias do ambiente. Recomenda-se, nesse caso, ajustar a faixa de vista para uma altura que esteja acima do topo do mobiliário mas abaixo de 2,10 m, que é a altura padrão de uma porta, como mostrado na Figura 44.

Figura 44 – Sugestão de ajuste da faixa de vista em vista de planta no Revit



Fonte: autor

Talvez você prefira criar várias vistas de planta como vistas auxiliares, cada uma com um ajuste diferente de faixa de vista, ao invés de alterar a todo momento a faixa de vista de uma única vista de planta. Dessa forma se torna menos cansativo e mais produtivo modelar um pavimento com muito mobiliário de diferentes alturas.

DICA

Durante a modelagem você precisará alternar entre diferentes telas milhares de vezes. Utilizar mais de um monitor tornará o trabalho mais produtivo e menos cansativo. Use pelo menos dois monitores para modelagem *as-is*. No monitor principal trabalhe com o Revit, no auxiliar mantenha o Scene aberto e utilize a vista rápida da varredura (botão direito do mouse sobre qualquer varredura, **Exibir → Vista rápida**). Isso lhe dará um entendimento do ambiente muito além do que é exibido numa vista de planta ou corte no Revit e ajudará a definir o melhor ajuste para a faixa de vista da vista de planta daquele ambiente.

Em pavimentos com muito mobiliário talvez você prefira abrir uma vista rápida de cada ambiente no Scene enquanto o modela no Revit.

Agora que os níveis, planos de corte e faixas de vista foram criados e ajustados à nuvem de pontos, é hora de começar a modelagem.

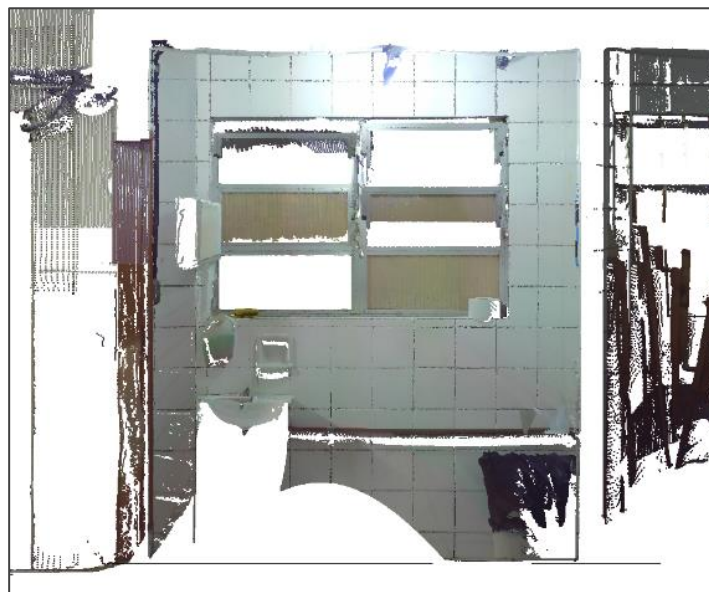
5.4. Modelagem da arquitetura

A partir desse momento, a modelagem sobre nuvem de pontos não se diferencia muito da modelagem sobre um arquivo base DWG. Comece modelando as paredes externas da edificação, passando depois para as internas e então para as portas e janelas.

DICA

Use um plano de corte auxiliar para inserção de janelas, pois assim você verá ao mesmo tempo a altura do peitoril, largura e altura da esquadria, além de detalhes dos montantes (Figura 45).

Figura 45 – Vista de corte mostrando detalhes da janela



Fonte: autor

Configure as vistas de planta e cortes para exibir paredes, pisos e esquadrias com certa transparência, dessa forma você poderá visualizar a nuvem de pontos ao fundo. Outra opção é modelar utilizando o estilo visual “Estrutura de arame”.

5.4.1. O dilema da modelagem ortogonal versus não ortogonal

Logo ao iniciar a traçar as paredes você irá se deparar com o dilema da modelagem ortogonal sobre uma edificação naturalmente não ortogonal. As imperfeições construtivas como desaprumos, desalinhamentos, paredes com espessuras não uniformes, entre outros, são evidenciados na nuvem de pontos. Você perceberá que ao optar por utilizar uma modelagem ortogonal haverá certa perda de precisão ao final da modelagem. Nesse momento você deve decidir se seguirá a modelagem ortogonal ou não ortogonal. Recomenda-se a modelagem

ortogonal, pois na maioria das situações não é exigida uma precisão milimétrica no levantamento de edificações, principalmente se o objetivo for a operação e manutenção. Pode-se ainda definir uma tolerância de imprecisão para que as irregularidades reais sejam representadas ortogonalmente. Caso seu objetivo seja pré-fabricar uma escada em estrutura metálica, por exemplo, recomenda-se executar uma varredura específica em alta resolução, e obter as medidas necessárias diretamente da nuvem de pontos.

5.4.2. Modelagem semiautomática

Uma forma de modelar mais rapidamente sobre nuvens de pontos é utilizando *plug-ins* como o *As-built for Revit* da FARO ou o *EdgeWise* da ClearEdge3D. Esses *plug-ins* utilizam algoritmos de reconhecimento da nuvem de pontos que possibilitam uma modelagem semiautomatizada. Elementos como paredes, esquadrias, sistemas estruturais, tubulações, entre outros, são modelados com poucos cliques e diretamente da vista 3D, tornando a modelagem mais eficiente e prática.

Segundo estudo realizado por Dodl e Lemos¹ (2018), utilizando o *plug-in As-built for Revit* obteve-se uma redução de tempo de 35% na modelagem de elementos arquitetônicos, 80% para elementos estruturais, 75% para tubulações e 90% para superfícies topográficas, em comparação a modelagem utilizando apenas as ferramentas originais do Revit.

Recomenda-se uma avaliação criteriosa da relação custo-benefício, já que esses *plug-ins* não são gratuitos.

¹ DODL, Luciano D'avila; LEMOS, Dalton Luiz. Modelagem BIM sobre nuvem de pontos: comparação entre os métodos semiautomático e tradicional. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO DO IFSC, 2018, Florianópolis. Modelagem BIM sobre nuvem de pontos: comparação entre os métodos semiautomático e tradicional. Florianópolis: IFSC, 2018. p. 1 - 3.

ARQUIVOS PARA DOWNLOAD

Exercite o processamento, exportação da nuvem de pontos e a modelagem BIM baixando os arquivos de varredura disponíveis em:

<https://drive.google.com/drive/folders/1yq25MPQmvCOIRzQ9zv6-VqrwrtxyUO1Z?usp=sharing>

O resultado final das varreduras já registradas está ilustrado na Figura 32, página 40.

O software Faro Scene válido por 30 dias pode ser baixado gratuitamente no endereço:

<https://www.faro.com/pt-br/produtos/product-design/faro-scene/downloads/>

A Autodesk também disponibiliza licença de 30 dias para o software Revit no endereço:

<https://www.autodesk.com.br/products/revit/free-trial>

Se você for estudante é possível baixar a licença do Revit válida para 3 anos em:

<https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>

ANEXO A

Especificações de desempenho

Unidade de alcance

Intervalo sem ambiguidade: De 122 a 488 Kpts/seg em 614 m; a partir de 976 Kpts/seg em 307 m
 Faixa: 0,6 m - 330 m em ambientes internos ou externos com incidência vertical em relação a uma superfície reflexiva de 90%
 Velocidade de medição (pts/seg): 122,000 / 244,000 / 488,000 / 976,000
 Erro de alcance¹: ±2mm

Ruído de alcance ²	em 10 m	em 10 m - ruído comprimido ³	em 25 m	em 25 m - ruído comprimido ³
em 90% refl.	0,3 mm	0,15 mm	0,3 mm	0,15 mm
em 10% refl.	0,4 mm	0,2 mm	0,5 mm	0,25 mm

Unidade de cor

Resolução: Até 170 megapixels a cores
 HDR: Registro de fotografias de amplo alcance dinâmico (HDR), 3x/5x
 Paralaxe: Design coaxial

Unidade de deflexão

Campo de visão⁴ (vertical/horizontal): 300° / 360°
 Tamanho do passo (vertical/horizontal): 0,009° (40.960 3D-Pixel em 360°) / 0,009° (40.960 3D-Pixel em 360°)
 Velocidade máx. de varredura vertical: 5,820 rpm ou 97 Hz

Laser (transmissor óptico)

Classe do laser: Laser da Classe 1
 Comprimento de onda: 1550 nm
 Divergência de feixe: Tipicamente 0,19 mrad (0,011°) (1/e, semiângulo)
 Diâmetro do feixe na saída: Tipicamente 2,25 mm (1/e)

Manuseio e controle de dados

Armazenamento de dados: SD, SDHC™, SDXC™; cartão de 32 GB incluído
 Controle do scanner: Através de tela sensível ao toque e WLAN
 Acesso WLAN: Controle remoto e visualização de varredura são possíveis em dispositivos móveis com Flash® e HTML5

Vários sensores

Compensador de eixo duplo: Levels each scan: Accuracy 0.015°; Range ± 5°
 Sensor de altura: The height relative to a fixed point can be detected and added to a scan via an electronic barometer
 Bússola⁴: A bússola eletrônica fornece uma orientação para a varredura. Um recurso de calibração está incluído.
 GPS: Receptor GPS integrado



¹ O erro de alcance é definido como um erro sistemático a cerca de 10 m e 25 m, um sigma. Compensação aprimorada disponível para montagem dedicada (serviço baseado em taxa). ² O ruído de alcance é definido como um desvio padrão dos valores em relação ao plano de melhor ajuste para a velocidade de medição de 122.000 pontos/segundo. ³ Um algoritmo de compressão de ruído pode ser ativado para comprimir o ruído de dados brutos em um fator de 2 ou 4. ⁴ Objetos ferromagnéticos podem perturbar o campo magnético da terra e levar a medições imprecisas. ⁵ O espaçamento homogêneo de pontos de 2 x 150° não é garantido.

Especificações gerais

Tensão de alimentação:	19 V (alimentação externa) 14,4 V (bateria interna)	Umidade:	sem condensação
Consumo de energia:	40 W e 80 W (durante o carregamento da bateria)	Conector de cabo:	localizado na base do scanner
Vida útil da bateria:	4,5 horas	Peso:	5,2 kg (11,5 lb)
Temperatura ambiente:	41° - 104° F (5° - 40° C)	Tamanho:	240 x 200 x 100 mm
		Manutenção/calibração:	anual



Para mais informações, ligue para 800-736-0234
 ou acesse www.faro.com/focus3d

