



Requisitos de performance para qualidade ambiental e desempenho energético durante o período de operação da edificação

Sergio Pinheiro B.E., M.Eng., PhD

25th Feb 2021



ENERGY
INSTITUTE
UCD



Sobre mim...



2009 – Engenharia de Controle e Automação

2010 – Mudança para Irlanda

2014 – Mestrado em Sistemas de Energias

2017 – BAM Ireland

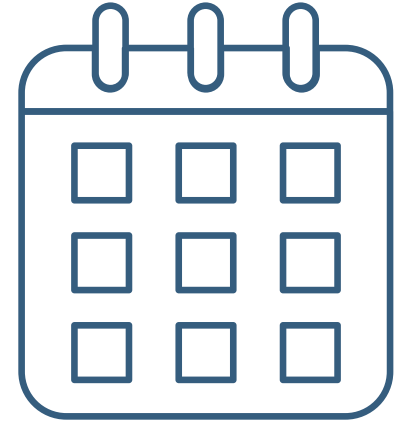
- **Digital Construction Manager**
- **Planejamento, Execução e Handover**
- **COBie**

2019 – PhD pela University College Dublin

- **Interoperabilidade**
- **BIM**
- **Eficiência Energética em Edificações**
- **Sustentabilidade**
- **Simulações Energéticas**

AGENDA

1. Contexto & Motivação
2. Perguntas, hipóteses e objetivos de pesquisa
3. Processo de troca da informação
4. Definição da informação
5. Representação da informação: Definição do MVD
6. Uso da informação: Teste do E³BO MVD
7. Conclusão & Trabalho Futuro



I II III IV V VI VII

Section 1 : Contexto & Motivação

Contexto & Motivação

40% do consumo total de energia e
36% das emissões de CO₂

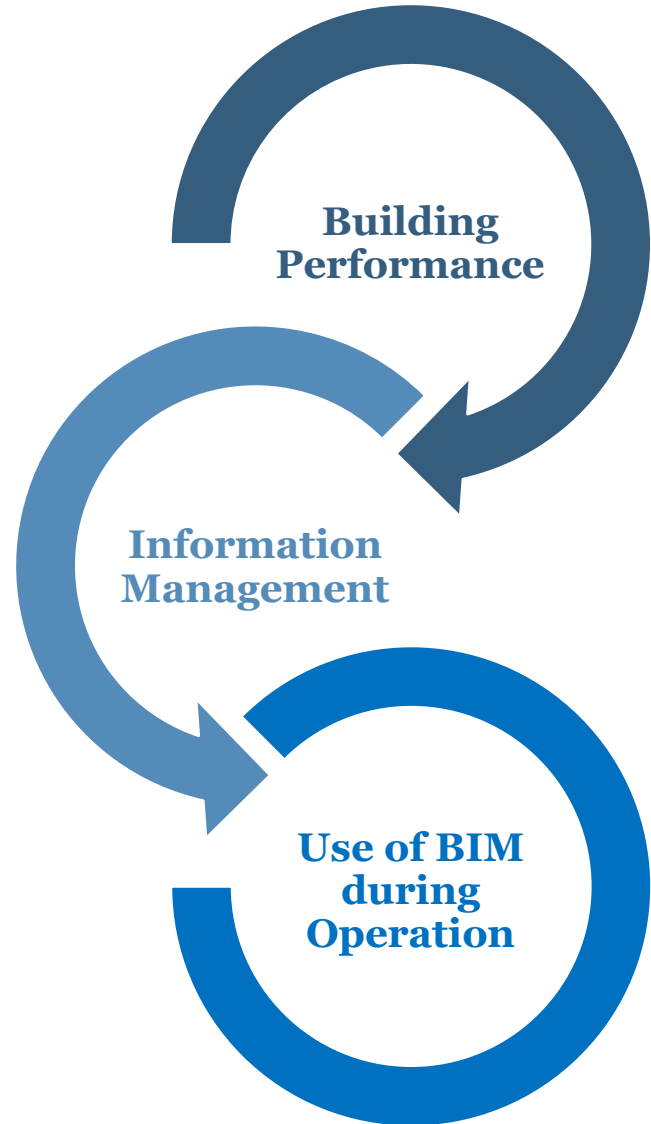
Falta de processos padronizados com formato
de dados comum e acesso a informações
relevantes

A fase operacional é a maior consumidora de
energia, respondendo por quase 80-90% do
consumo total

Indústria diversificada com uma ampla
gama de tamanhos e tipos de edifícios

**Edifícios operam de
maneira ineficiente**

Principais conclusões da revisão literária



Zou et al. (2019)

Identificou 8 fatores críticos (comunicação deficiente, parâmetros de projeto imprecisos, projeto ineficiente, etc.) que contribuem para a lacuna de desempenho de energia

Zou et al. (2018)

Concluiu que as causas da lacuna não são independentes, mas têm interações complexas entre si

De Wilde (2014)

Identificou a lacuna de desempenho em função do tempo e das condições externas

Carbon Trust (2012)

O consumo de energia pode ser até 5 vezes maior do que o previsto

Saini et al. (2019)

A comunicação do conhecimento é uma questão crítica em projetos de construção

McGraw Hill (2014)

Estima-se que os problemas de interoperabilidade representem 3,1% do orçamento do projeto

Costa et al. (2013)

A transição do projeto / construção / operação geralmente resulta em perda de dados

Adriaanse et. Al (2010)

A natureza fragmentada e temporal dos projetos causa a maioria das barreiras

Bozorgi et al. (2018)

Propôs um fluxo de trabalho BIM para capturar, gerenciar e trocar informações

Chang et al. (2018)

Informações integradas e BIM para dados visualizados com base no contexto

Wong and Zhou (2015)

Concluiu que a literatura BIM é limitada nas áreas de gestão de desempenho ambiental

Dong et al. (2014)

Concluiu que o uso do BIM durante a operação ainda é limitado

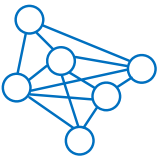
Ponto de partida: Requisitos de domínio



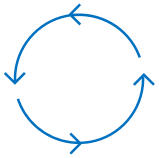
- Definição da função do **mantenedor** e o impacto de suas decisões para melhorar o desempenho da edificação



- Identificar e categorizar os **processos de negócios** executados pelos mantenedores durante a operação e os **dados essenciais** necessários para conduzir tais processos



- Compreender os problemas que afetam diretamente os mantenedores durante a operação: **Lacuna de desempenho, Lacuna de informação e Interoperabilidade**



- Criar uma estrutura de gerenciamento de edifício **padronizado** que usa os **processos de negócios** e **requisitos**, para fornecer um desempenho de edifício eficiente

I II III IV V VI VII

Section 2 : Perguntas, Hipótese e Objetivos de Pesquisa

Questões da Pesquisa



1. Quais são as especificações de requisitos necessárias para o mantenedor operar um edifício de forma eficiente com base na performance ambiental e energética?
2. Qual é a representação adequada das especificações de requisitos que apoiam / auxiliam o mantenedor na operação de edifícios?

Hipótese & Objetivos

Objetivo 1

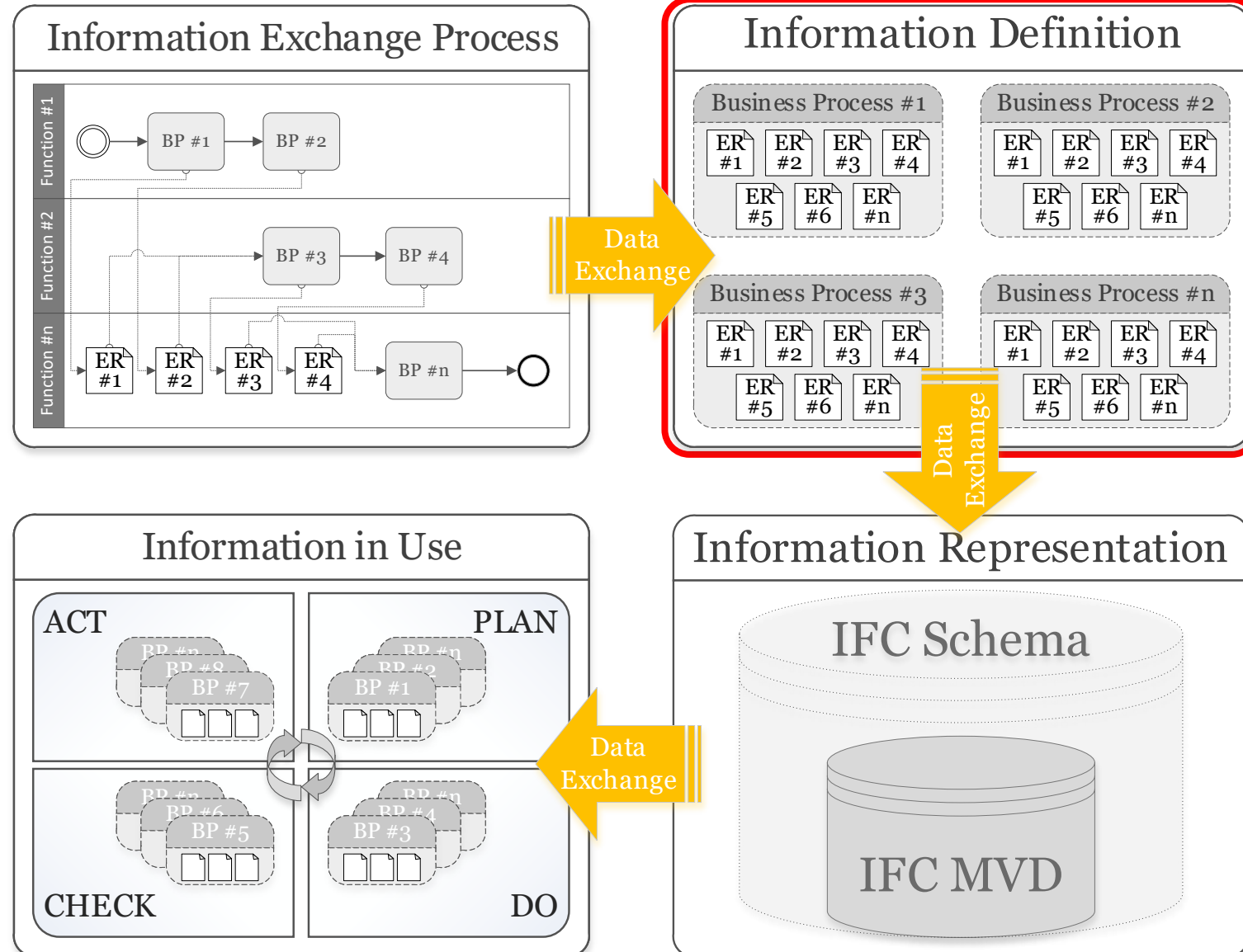
Objetivo 2

“Os mantenedores que recebem as **informações necessárias** em um **formato utilizável** durante a operação podem tomar **decisões informadas** em tempo hábil para **melhorar o desempenho ambiental e energético do edifício**”

Objetivo 3

Objetivo 4

Metodologia

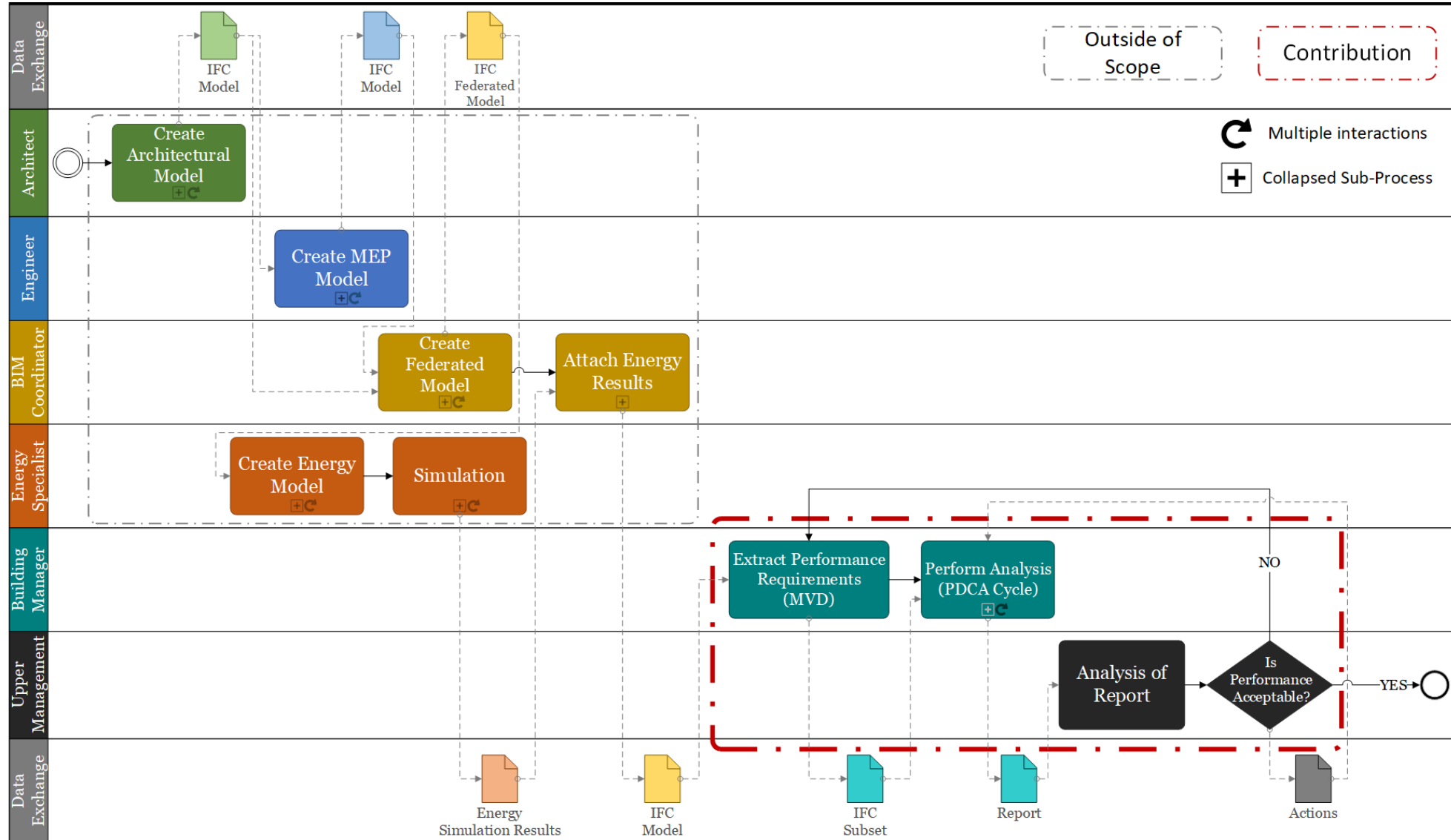


Section 3 : Processo de troca da informação

A função do mantenedor na hierarquia organizacional



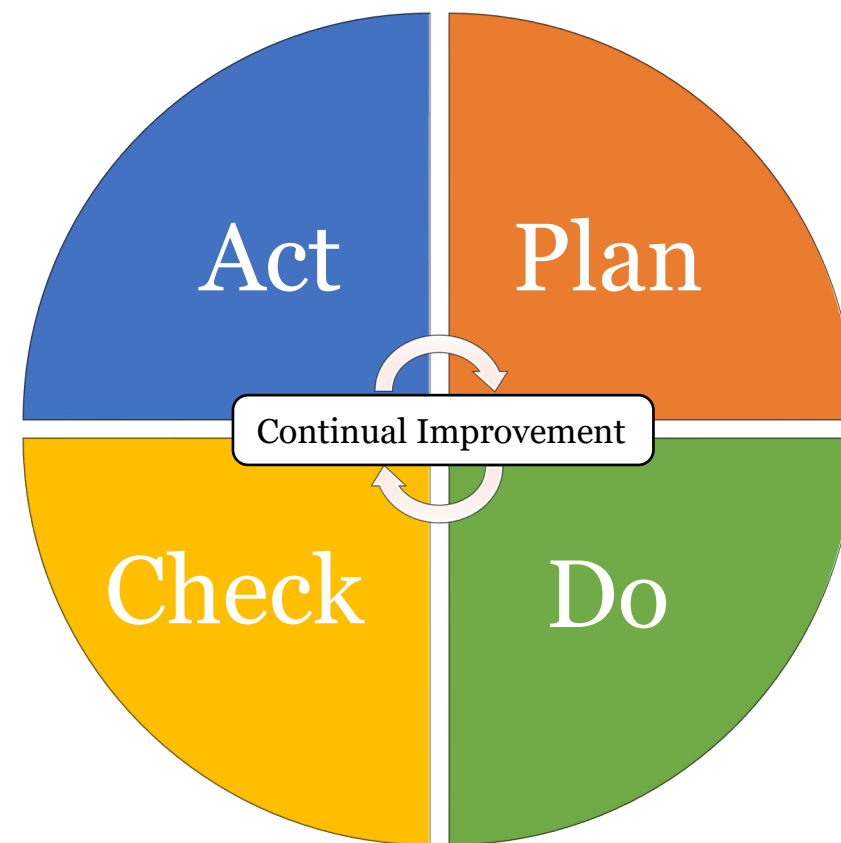
Aplicação IDM: Troca de informações para apoiar a tomada de decisão informada por mantenedores



A gestão de edifícios no nível tático deve ser baseada nas melhores práticas padronizadas



ISO 50001 – Modelo de gestão de energia para melhoria contínua do desempenho do edifício



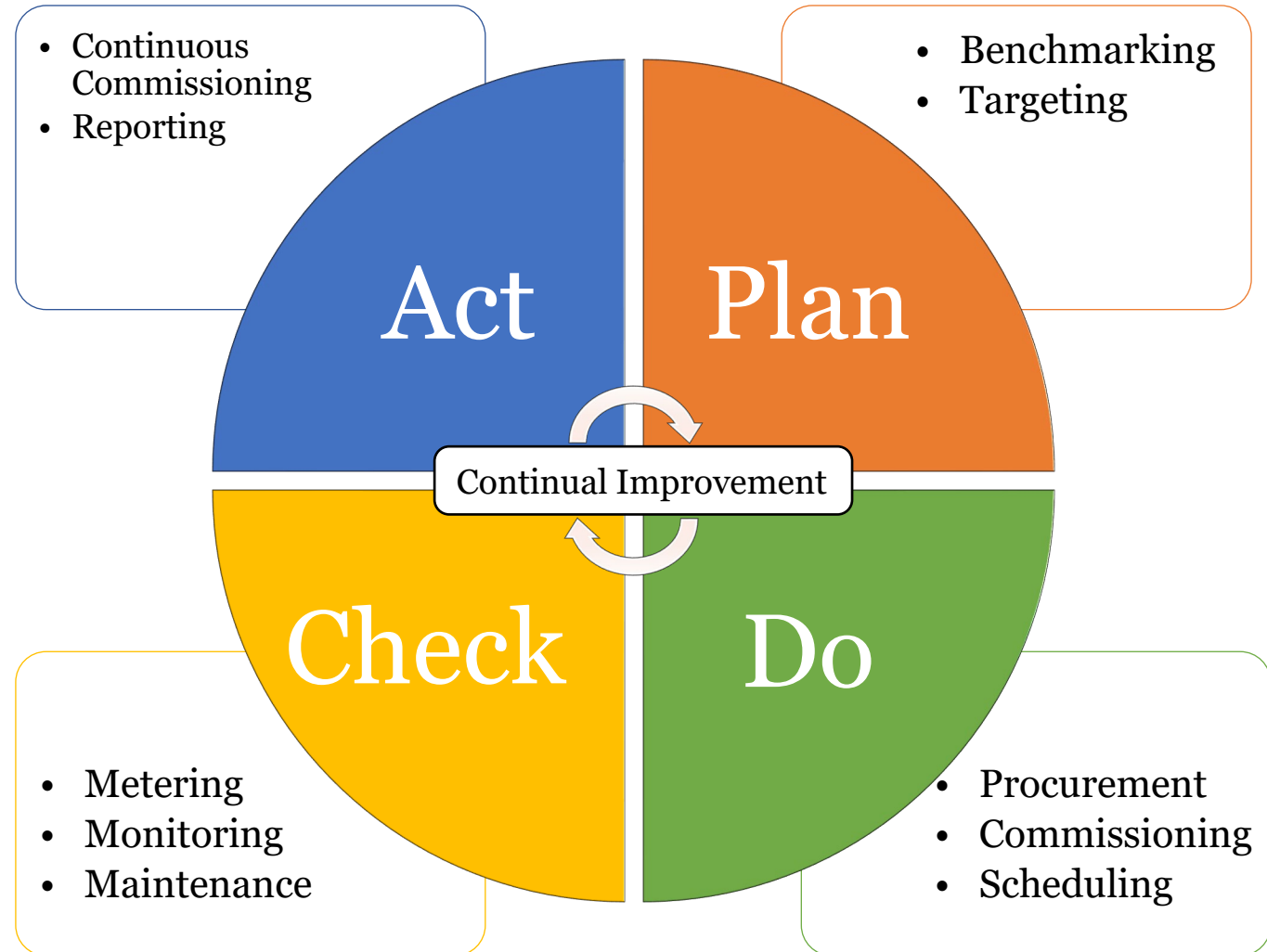
Metodologia PDCA baseada no Ciclo de Deming para estabelecer processos de gestão de edifícios

Section 4 : Definição da informação

Definição e mapeamento dos processos de negócios dos mantenedores para o ciclo PDCA

Baseado em:

- Conformidade com o código prescritivo
- Diretrizes de desempenho energético
- Resultados de Simulações de Desempenho Energético
- Regras de ouro
- Sabedoria popular



Definição de especificações de requisitos para apoiar os mantenedores durante a operação

PLAN PHASE

Benchmarking

#7

Benchmarking Method

Targeting

#6

Targeting Method

DO PHASE

Procurement

#7

Label Criteria

Commissioning

#6

Commissioning Type

Scheduling

#4

Scheduling Technique

CHECK PHASE

Metering

#6

Meter Location

Maintenance

#12

Maintenance Frequency

Monitoring

ACT PHASE

Reporting

#12

Creation Time

Continuous Commissioning

Reference Processes

4

Business Processes

10

Exchange Requirements

#60

Definição de especificações de requisitos para apoiar os mantenedores durante a operação

BENCHMARKING

- **Benchmarking Method**
- **Energy Benchmark**
- **Environmental Benchmark**
- **Occupancy**
- **Metric Definition**
- **Category / Function**
- **Climate Zone**

METERING

- **Meter Location**
- **Meter Type**
- **Meter Reading**
- **Output Signal**
- **Energy User**
- **Calibration Date**
- **Frequency of Readings**

I II III IV **V** VI VII

Section 5 : Representação da informação: Definição do MVD

Opções de implementação para IFC MVD

Property Sets

Fácil

Rápido

Sem mudanças

Falta de Semântica

Embaraçoso

Propenso a Erros

Concepts

Complexo

Modular

Flexível

Consistente

Confiável

Conceito de Herança

E³BO MVD: Entidades e processos de negócios para troca de informações de importação / exportação

Concept	Entity	Reporting [Ac.Rp]	Maintenance [Ch.Ma]	Metering [Ch.Mt]	Scheduling [Do.Sc]	Commissioning [Do.Col]	Procurement [Do.Pr]	Targeting [Pl.Tg]	Benchmarking [Pl.Bc]	Spatial Composition	Software Identity	Project Representation Context	Project Units
Plan Phase													
IfcBuilding													
IfcBuildingStorey													
IfcDistributionElement													
IfcElement													
IfcProject													
IfcRoot													
IfcSite													
IfcSpace													
IfcSystem													
IfcZone													

Entity	IfcBuilding	IfcBuildingStorey	IfcDistributionElement	IfcElement	IfcProject	IfcRoot	IfcSite	IfcSpace	IfcSystem	IfcZone
IfcBuilding										
IfcBuildingStorey										
IfcDistributionElement										
IfcElement										
IfcProject										
IfcRoot										
IfcSite										
IfcSpace										
IfcSystem										
IfcZone										

Concept	Entity	Reporting [Ac.Rp]	Maintenance [Ch.Ma]	Metering [Ch.Mt]	Scheduling [Do.Sc]	Commissioning [Do.Col]	Procurement [Do.Pr]	Targeting [Pl.Tg]	Benchmarking [Pl.Bc]	Spatial Composition	Software Identity	Project Representation Context	Project Units
IfcBuilding													
IfcBuildingStorey													
IfcDistributionElement													
IfcElement													
IfcProject													
IfcRoot													
IfcSite													
IfcSpace													
IfcSystem													
IfcZone													

Concept	Entity	Reporting [Ac.Rp]	Maintenance [Ch.Ma]	Metering [Ch.Mt]
IfcBuilding				
IfcBuildingStorey				
IfcDistributionElement				
IfcElement				
IfcProject				
IfcRoot				
IfcSite				
IfcSpace				
IfcSystem				
IfcZone				

Concept	Entity	Reporting [Ac.Rp]	Maintenance [Ch.Ma]	Metering [Ch.Mt]	Scheduling [Do.Sc]	Commissioning [Do.Col]	Procurement [Do.Pr]	Targeting [Pl.Tg]	Benchmarking [Pl.Bc]	Spatial Composition	Software Identity	Project Representation Context	Project Units
Act Phase													
IfcBuilding													
IfcBuildingStorey													
IfcDistributionElement													
IfcElement													
IfcProject													
IfcRoot													
IfcSite													
IfcSpace													
IfcSystem													
IfcZone													

Incompatible
 Within Scope but not defined
 Not relevant but has been defined

Set as mand.
 Set as option
 Set as not re
 Set as excluc

Incompatible
 Within Scope but not defined
 Not relevant but has been defined

Set as mandatory
 Set as optional
 Set as not recommended
 Set as excluded

I II III IV V VI VII

Section 6 : Uso da informação – Teste do E³BO MVD

Descrição do edifício de teste

- A Escola Comunitária Skibbereen (SCS) foi projetada como parte do Pacote Escolar 4 da Parceria Público-Privada do Governo (PPP)
- A escola faz **parte de um grupo de 10 escolas** que possuem características físicas e operacionais semelhantes
- A escola é um prédio relativamente novo que oferece a **melhor oportunidade para um sistema CAFM atualizado**

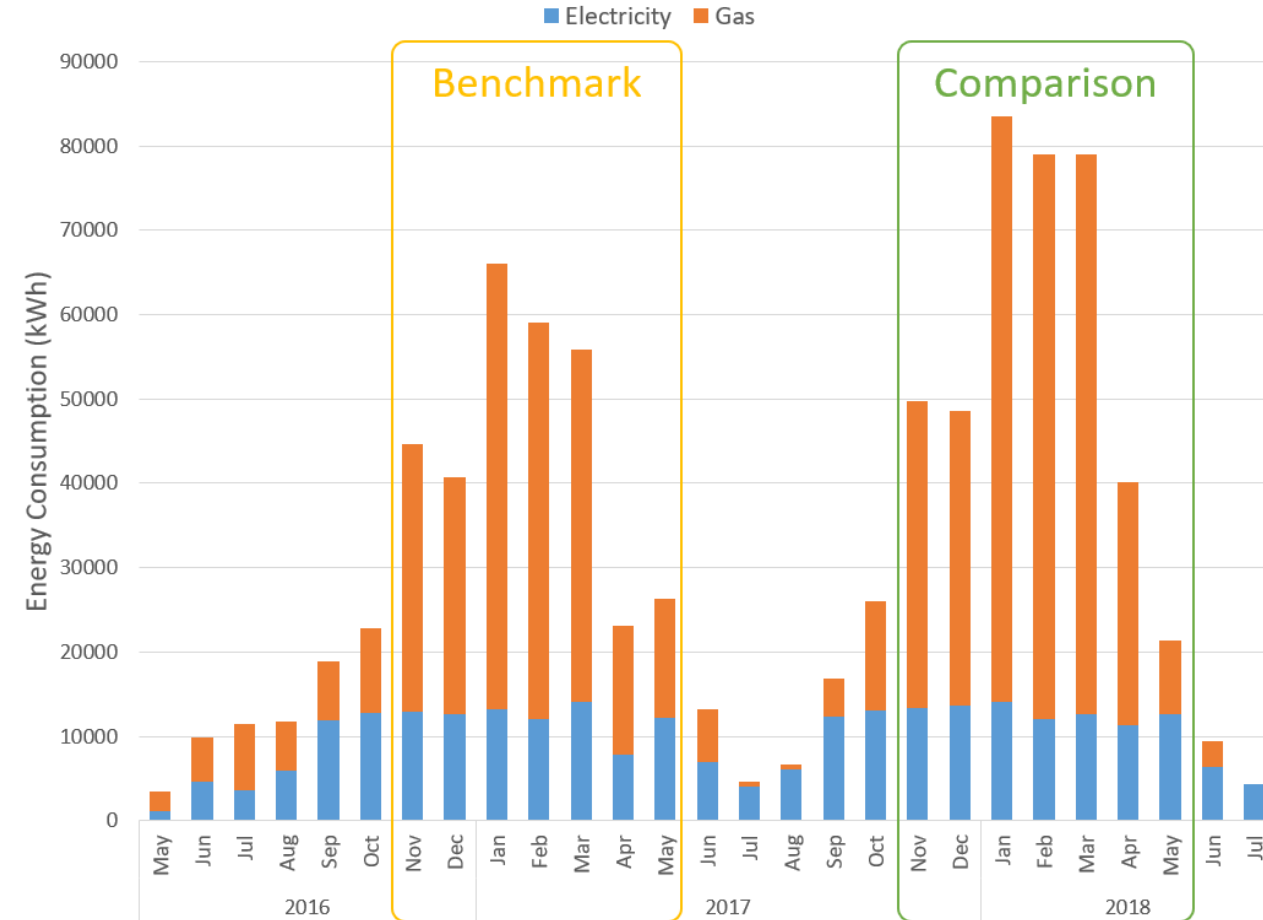


- 26 General Classrooms
- 2 Woodwork/Construction rooms
- 2 Metalwork/Engineering rooms
- 2 Technical Drawing/DCG Rooms
- Lecture theatre
- Religion and mediation area
- 2 Arts Craft and design room
- 2 Home Economics rooms
- 5 Science Laboratories
- 2 fully equipped Computer Laboratories
- Library
- Canteen/Performance area
- PE Hall
- Special Needs Suite
- Music Room
- Full size pitch
- 5 Outdoor ball courts
- Multi-media lab
- All classes are equipped with modern ICT facilities

Bunurlár	Ground Floor
Seomra Cruinnithe	Meeting Room
Ionad Acmhainní Foghlama	Learning Resource Centre
An Seomra Garchabhrrach	First Aid Room
Na Seomraí Innealtóireachta	Engineering Rooms
Na Seomraí Staidéar Foirgníochta	Construction Studies Rooms
An Seomra Grafaic Theicniuil	Technical Graphics Room
Na Seomraí Ranga 01 - 02	Classrooms 01 - 02
Saotharlann Foghlama Ilmheán	Multimedia Laboratory
Seomra Mata	Maths Room
Na Saotharlanna Eolaíochta	Science Laboratories
Seomra Taispeántais	Demonstration Room
Eacnamaíocht Bhaile	Home Economics
Na Seomraí Ealaíne & Ceardaíochta	Arts & Crafts Rooms
Na Seomraí Léachtaí 01 - 03	Lecture Rooms 01 - 03
Seomra Staidéar Sóisialta (Tíreolaíocht)	Social Studies (Geography)
Seomra Ceoil & Drámaíochta	Music & Drama Room
Ionad Corp Acmhainne	Fitness Suite
Halla Spóirt	Sports Hall
Chéad Urlar	First Floor
Seomra Gnó Tráchtála	Business & Commerce
Seomra Creideamh	Religion Room
Na Seomraí Ranga 03 - 23	Classrooms 03 - 23
Na Seomraí Grúpoibre	Group Rooms
Dhearaidh & Cumarsaíde Grafaic	Design & Communication Graphics
Seomra Tacaíocht Foghlama	Learning Support Room
Leabharlann	Library
Seomra Staidéar Sóisialta (Stair)	Social Studies (History)
Seomra Ranga Theorach	Guidance Classroom

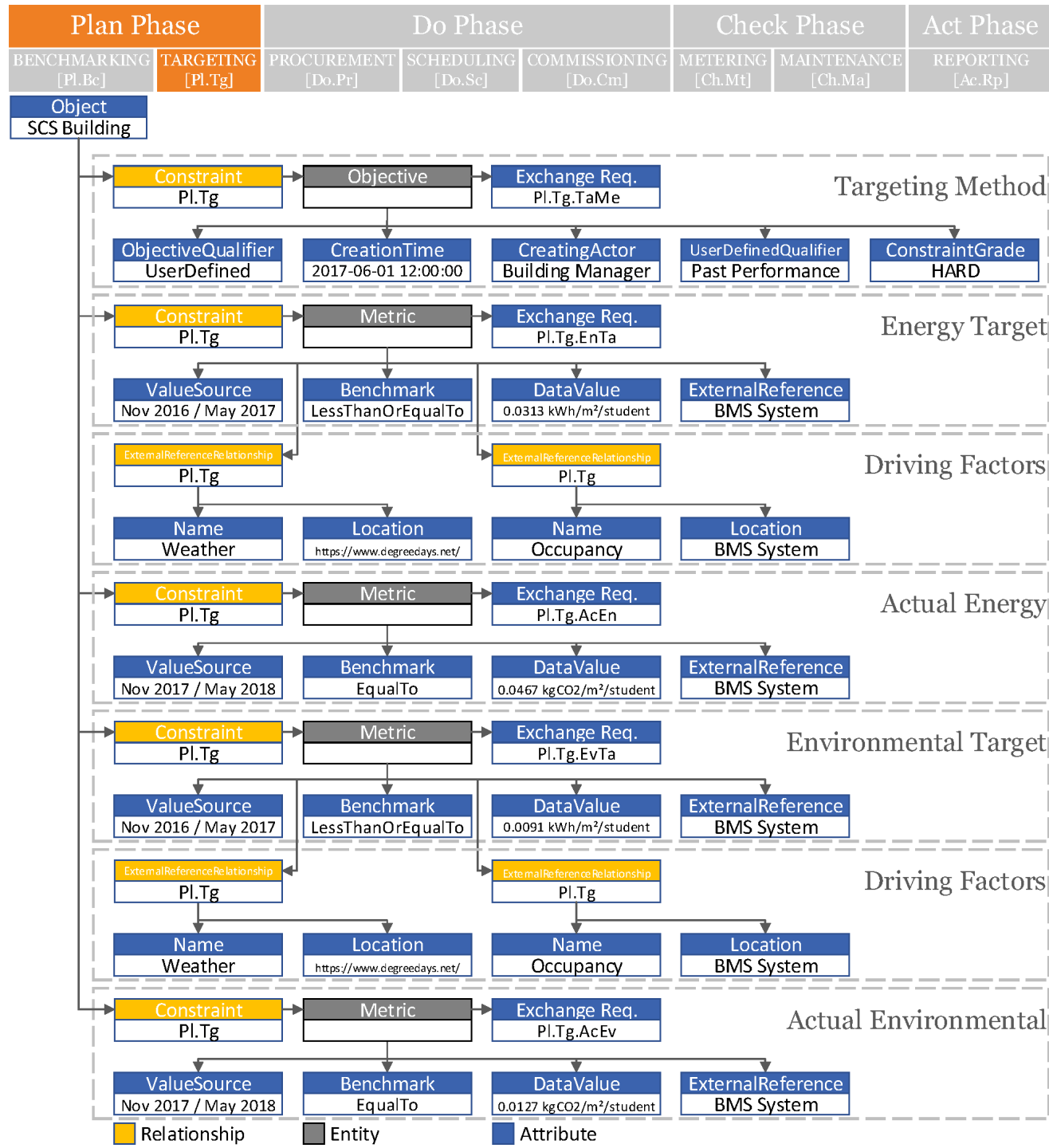
Relevância da Engenharia

- Objetivo principal do teste
 1. Analisar as informações disponíveis durante a operação do edifício
 2. Verificar como essas informações se comparam às informações definidas no E³BO MVD
- Demonstrar a importância de realizar análises periódicas com informações corretas e relevantes
- Fornecer um método de avaliação de desempenho consistente e padronizado que permite aos mantenedores tomarem decisões informadas em tempo hábil durante a operação



Targeting & Requisitos

Representação usando valores de dados do Edifício SCS



Especificação dos requisitos de troca E³BO para o nível de edifício e equipamento no edifício SCS

Os resultados revelaram que todos os equipamentos examinados durante o teste exigiam informações adicionais para estar em conformidade com os requisitos do E³BO MVD

Exchange Requirement				Building	Equipment	Exchange Requirement				Building	Equipment
Plan Phase	Benchmarking	Benchmarking Method	N	N	Check Phase	Metering	Meter Location	X	Y		
		Energy Benchmark	N	N			Meter Type	X	Y		
		Environmental Benchmark	N	N			Meter Reading	X	Y		
		Occupancy	N	X			Output Signal	X	Y		
		Metric Definition	N	N			Energy User	X	Y		
		Category / Function	Y	Y			Calibration Date	X	N		
		Climate Zone	N	N			Frequency of Readings	X	Y		
Targeting	Targeting Method	Y	N	Maintenance		Spare Part	X	N			
	Energy Target	Y	N			Serial Number	X	Y			
	Actual Energy	Y	Y			Manufacturer	X	Y			
	Environmental Target	Y	Y			CAFM ID	N	N			
	Actual Environmental	Y	Y			BEMS ID	N	N			
	Driving Factor	N	Y			Maintenance Frequency	N	Y			
	Do Phase	Procurement	Label Criteria		N	Y	Maintenance	Maintenance Type	N	Y	
Energy Performance Rate			N	Y	Maintenance Technique	N		N			
Environmental Performance Rate			N	Y	Maintenance Priority	N		Y			
Operational Efficiency			N	Y	Operation Mode	N		Y			
Standby Performance			N	Y	Warranty Status	X		Y			
Operational Cost			N	N	Maintenance Cost	N		N			
Return of Investment			N	N	Name	Y		N			
Scheduling		Scheduling Technique	N	N	Act Phase	Reporting	Location	Y	N		
		Control Strategy	N	N			Purpose	Y	N		
		Driving Factor	N	N			Intended Use	Y	N		
		Schedule	Y	Y			Scope	N	N		
		Commissioning Type	N	Y			Revision	Y	N		
Commissioning		Commissioning Team	N	Y			Document Owner	Y	N		
	Acceptance	N	Y	Creation Time			Y	N			
	Commissioning Report	N	Y	Last Revision Time			Y	N			
	Operational Levels	Y	Y	Electronic Format	Y	N					
	Procedure	X	Y	Valid Until	Y	N					
	Level	Specified (Y)	Not Specified (N)		Not Applicable (X)		Total				
Building	30%	50%		20%		100%					
Equipment	50%	48%		2%		100%					

Estudo de caso: Discussão & Limitações

Os resultados mostraram que as **informações não são** apresentadas de forma **clara** e **estruturada**

Foi necessário **esforço extra** para capturar as **informações corretas**, levando a **compromissos de tempo** adicionais na atividade

O estudo de caso mostrou uma **oportunidade real** para a implementação da **pesquisa proposta** na indústria da construção

A abordagem proposta possibilita ao mantenedor verificar de forma **consistente** e **contínua** o desempenho da edificação

I II III IV V VI VII

Section 7 : Conclusão & Trabalho Futuro

Conclusão

Os mantenedores que recebem as **informações necessárias** em um formato **utilizável** podem tomar decisões **oportunas** e **informadas**

O subconjunto definido de requisitos de troca **permite** que os mantenedores melhorem o **desempenho ambiental** e **energético**

A abordagem proposta pode fornecer um conjunto **padronizado, estruturado** e **consistente** de informações para mantenedores durante a **operação**

Uma abordagem **baseada em BIM** captura especificações de desempenho sem **perda de tempo** e **esforço** dos mantenedores

Principais Contribuições

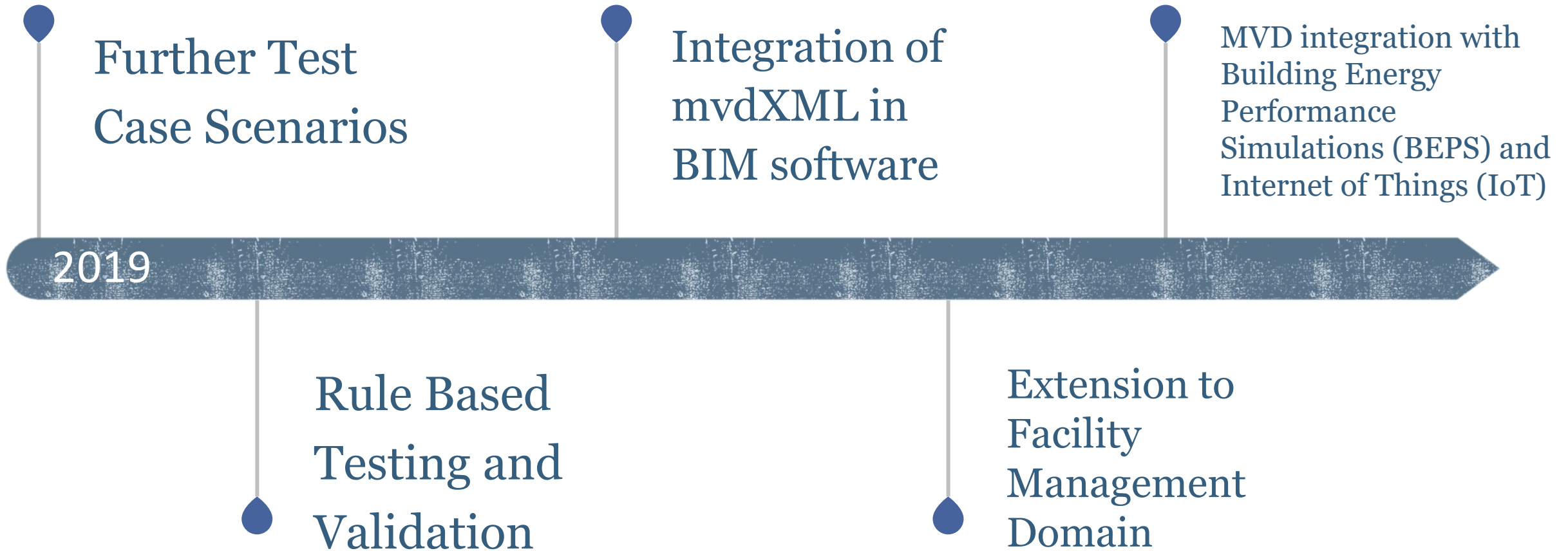
O conjunto **definido de especificações de requisitos** permite que mantenedores **tomem decisões informadas** durante a operação

Replicabilidade da abordagem proposta para ser implementada em **diferentes cenários**

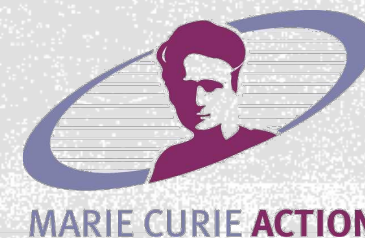
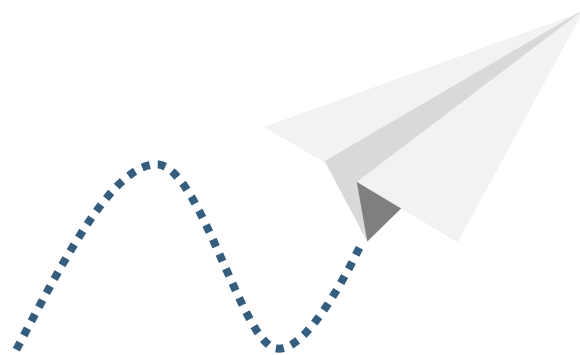
Abordagem baseada em **BIM** para a avaliação do **desempenho ambiental e energético** de edifícios

A integração de métodos reconhecidos **internacionalmente** (ciclo BIM, IFC e PDCA) constituem uma solução **flexível** e **adaptável**

Trabalho Futuro

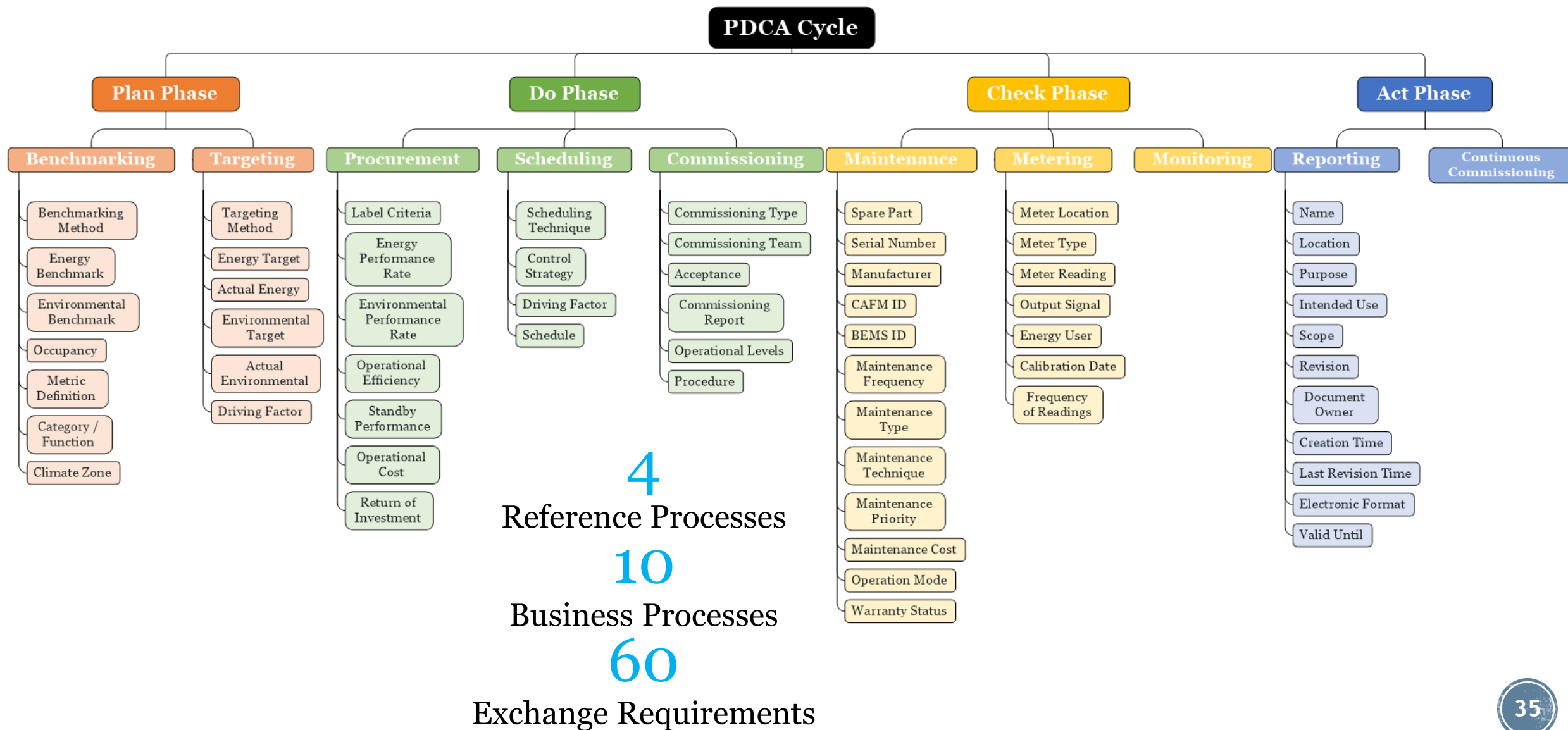


Obrigado



Additional Slides

Definition of requirements specifications to support building managers during operation



Mapping of Business Processes and Entities to the IFC MVD Representation

Concept	Entity	Reporting [Ac.Rp]	
		Maintenance [Ch.Ma]	
		Metering [Ch.Mt]	
		Scheduling [Do.Sc]	
		Commissioning [Do.Col]	
		Procurement [Do.Pr]	
		Targeting [Pl.Tg]	
		Benchmarking [Pl.Bc]	
		Spatial Composition	
		Software Identity	
Project Representation Context			
Project Units			
IfcBuilding			
IfcBuildingStorey			
IfcDistributionElement			
IfcElement			
IfcProject			
IfcRoot			
IfcSite			
IfcSpace			
IfcSystem			
IfcZone			

■ Incompatible

 **Within Scope but not defined**

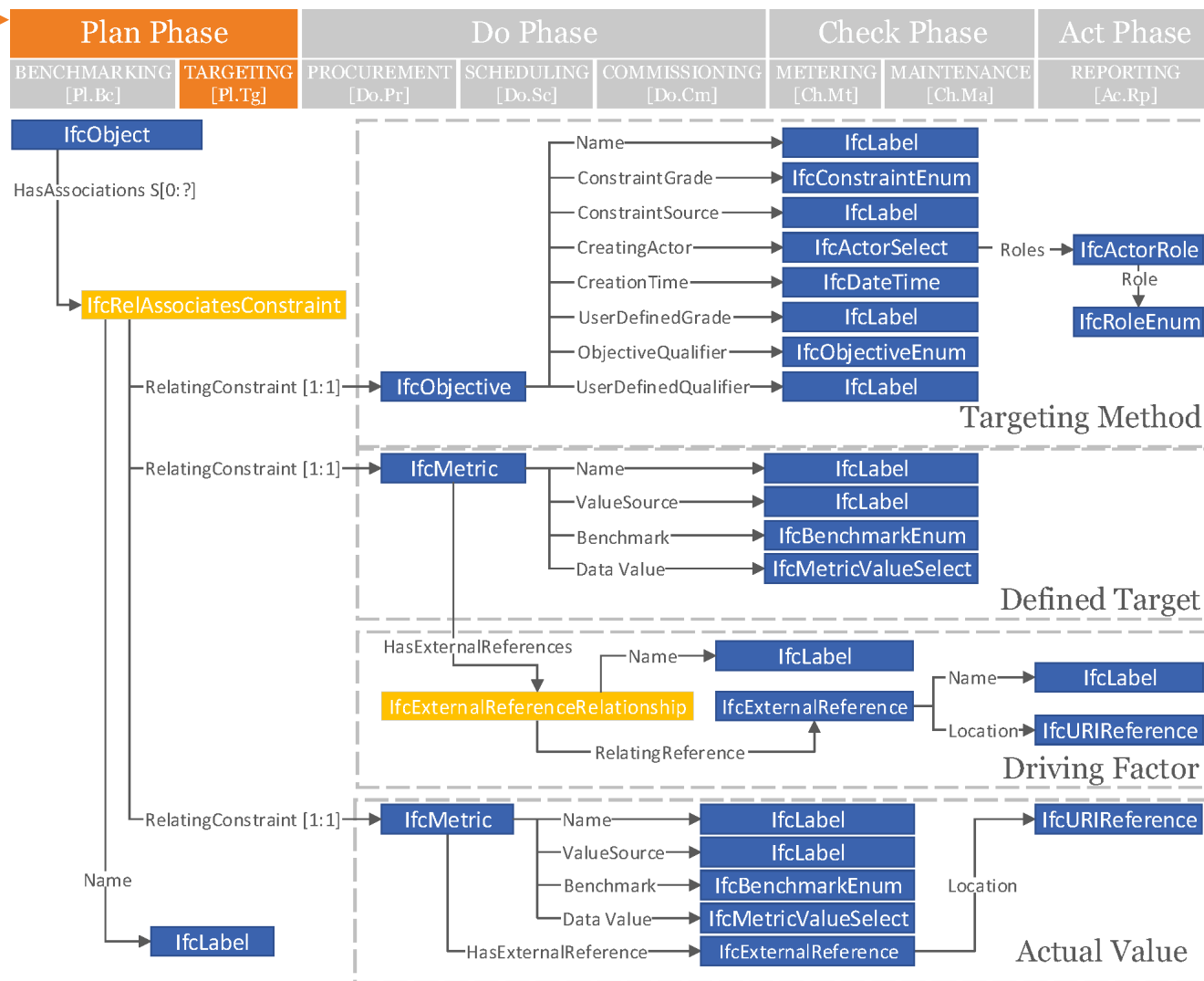
☐ Not relevant but has been defined

☐ Set as mandatory

Set as optional

Set as not recommended

Set as excluded



Example of the mapping of concepts and entities to the Targeting business process

E³BO MVD Definition: Concepts & Entities

CONCEPTS

Describe rules for common subsets of information that references a specific entity

- Constraint Association
- Classification Association
- Document Association
- Approval Association
- Control Assignment
- Process Assignment
- Spatial Container
- Property Sets
- Object Predefined Type

IfcObject	
GlobalId	[1:1]
OwnerHistory	[0:1]
Name	[0:1]
Descriptions	[0:1]
HasAssignments	S[0:?]
Nests	S[0:1]
IsNestedBy	S[0:?]
HasContext	S[0:1]
IsDecomposedBy	S[0:?]
Decomposes	S[0:1]
HasAssociations	S[0:?]
ObjectType	[0:1]
IsDeclaredBy	S[0:1]
Declares	S[0:?]
IsTypedBy	S[0:1]
IsDefinedBy	S[0:?]

IfcRelAssociatesConstraint	
GlobalId	[1:1]
OwnerHistory	[0:1]
Name	[0:1]
Descriptions	[0:1]
RelatedObjects	S[0:?]
Intent	[0:1]
RelatingConstraint	[1:1]

IfcObjective	
Name	[1:1]
Description	[0:1]
ConstraintGrade	[1:1]
ConstraintSource	[0:1]
CreatingActor	[0:1]
CreationTime	[0:1]
UserDefinedGrade	[0:1]
HasExternalReferences	S[0:?]
PropertiesForConstraint	S[0:?]
BenchmarkValues	L[0:?]
LogicalAggregator	[0:1]
ObjectiveQualifier	[1:1]
UserDefinedQualifier	[0:1]

IfcMetric	
Name	[1:1]
Description	[0:1]
ConstraintGrade	[1:1]
ConstraintSource	[0:1]
CreatingActor	[0:1]
CreationTime	[0:1]
UserDefinedGrade	[0:1]
HasExternalReferences	S[0:?]
PropertiesForConstraint	S[0:?]
Benchmark	[1:1]
ValueSource	[0:1]
DataValue	[0:1]
ReferencePath	[0:1]

E³BO MVD Definition: Concepts & Entities

ENTITIES

Class of information defined by common attributes and constraints

- IfcRoot
- IfcProject
- IfcSite
- IfcBuilding
- IfcBuildingStorey
- IfcSpace
- IfcZone
- IfcSystem
- IfcDistributionElement
- IfcElement

