

Impacto das decisões de arquitetura e engenharia civil nos custos das estações de Metrô

MASSARU TAKEUCHI
FABIANA NONOGAKI
RODRIGO GUEDES DE AZEVEDO

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

PROGRAMA

- Introdução
- Diagnóstico
- (usar mais de uma linha se necessário)
Análise dos resultados
- Conclusões

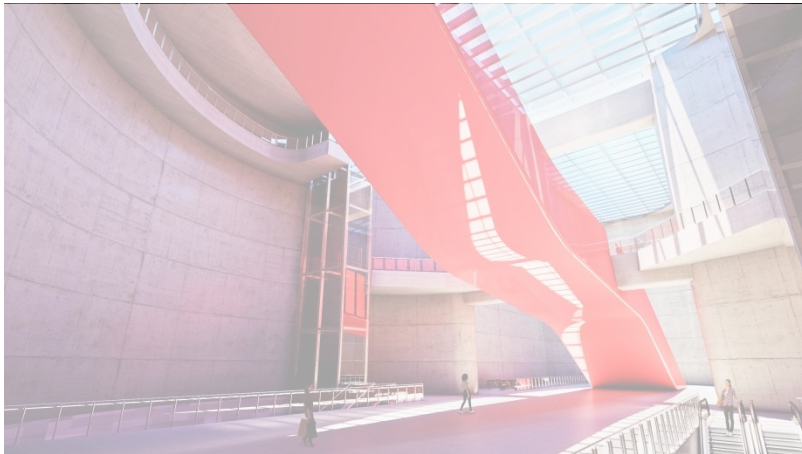
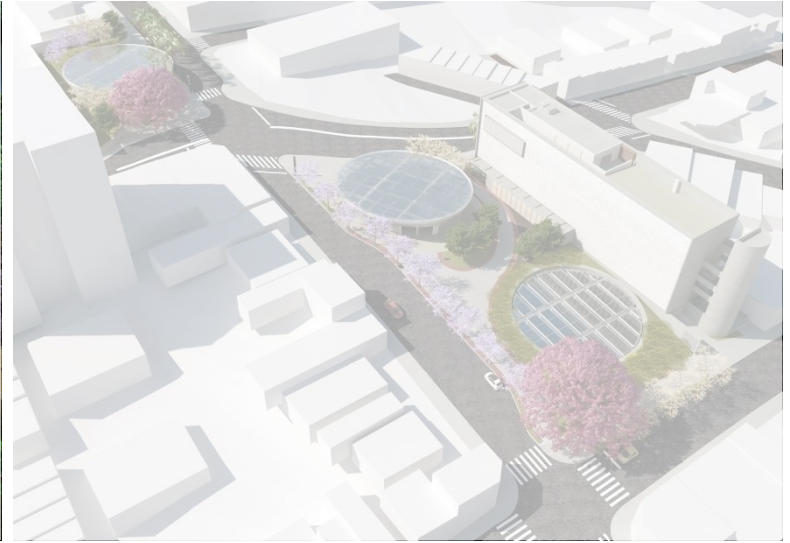


PROGRAMA

- **Introdução**
- Diagnóstico
- (usar mais de uma linha se necessário)
Análise dos resultados
- Conclusões



O que custa caro?



PROGRAMA

- Introdução
- **Diagnóstico**
- (usar mais de uma linha se necessário)
Análise dos resultados
- Conclusões



O que define os espaços

ARQUITETURA

Dimensionamento espacial:

- Capacidade dos elementos de circulação vertical
- Áreas de circulação horizontal

ENGENHARIA CIVIL

Condicionantes construtivas:

- Necessidades geotécnicas
- Estruturas

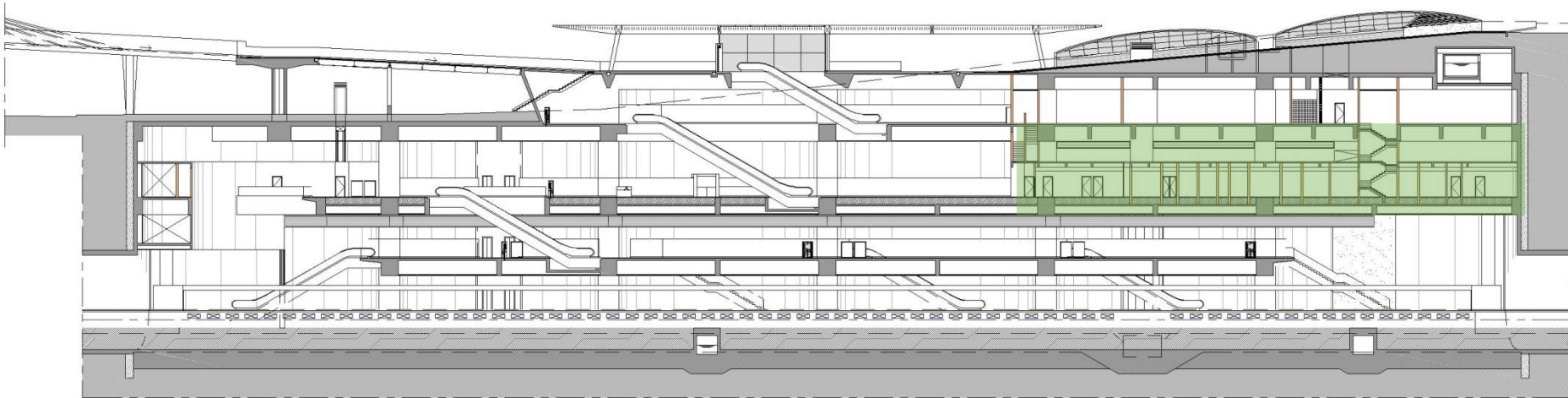
DEMAIS DISCIPLINAS

Acabamento, comunicação visual, hidráulica, paisagismo, elétrica e demais sistemas



Premissas do Projeto de Arquitetura

- Salas técnicas e demais instalações **na vala** ou na superfície:



Projeto Básico Estação Aricanduva – Linha 2-Verde

Premissas do Projeto de Arquitetura

- Salas técnicas e demais instalações na vala ou **na superfície**:



Premissas do Projeto de Arquitetura

- Implantação e inserção urbana



Estação Ibirapuera - VCA. *Fonte: Google Earth (acesso ago/2017)*



Estação Santa Cruz - Poço *Fonte: Google Earth (acesso ago/2017)*

Premissas do Projeto de Arquitetura

- Implantação e inserção urbana



Linha 1 – túnel de via executado em VCA. Av. Jabaquara esquina com R. Carneiro da Cunha



Premissas do Projeto de Arquitetura

- Necessidade de canteiro de obra



Estação Alto da Boa Vista (set. 2015). *Fonte: Metrô de S. Paulo*



Premissas do Projeto de Arquitetura

- Abertura para exterior / conforto ambiental



Estação AACD (julho/2017)

Fonte: Metrô de S. Paulo

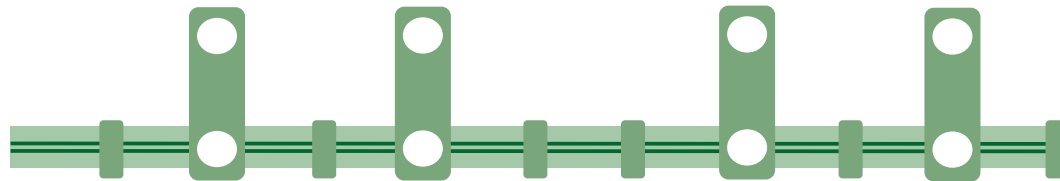


Estação Alto da Boa Vista (julho/2017)



Unidades construtivas subterrâneas do projeto civil

- Túneis de via
- Ventilações e Saídas de Emergência
- Estações

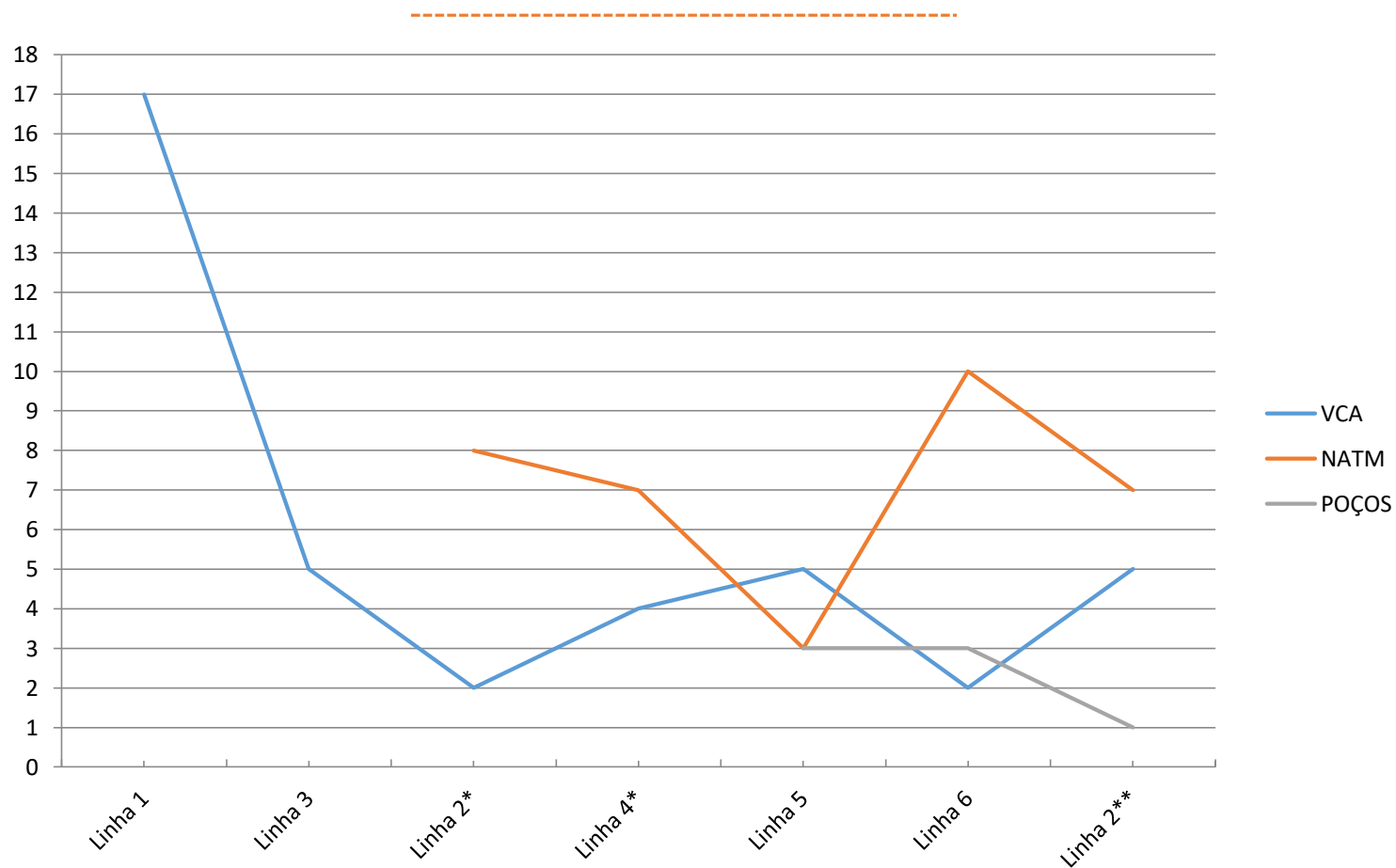


=====

BOGOS



Método construtivo das estações subterrâneas na sequência de implantação / projeto



Fonte: Takeuchi, M.



Profundidade média das estações subterrâneas

Trecho implantado/em implantação/contratado			
Linha	Estações do trecho	Sequência	Prof. Média (m)
1	Jabaquara/Tiradentes e Tucuruvi/Jardim S.P	1	17,48
3	Sé/Marechal	2	19,36
2	V. Madalena/V. Prudente	3	22,00
4	Luz/V. Sônia	4	30,15
5	Adolfo Pinheiro/Chácara Klabin	5	31,42
6	Brasilândia/S. Joaquim	6 (?)	40,74
2	V. Prudente/Dutra	7 (?)	38,90

Fonte: Takeuchi, M.



Orçamento por unidade construtiva

Linha 2 – Trecho V. Prudente/Dutra	%
Estação	48%
Túnel de via	31%
Poços (VSE)	12%
Pátio	9%
Total	100%

Fonte: Takeuchi, M.



% DE CUSTOS OBRA CIVIL

Linha 2- Trecho V. Prudente/Dutra		% de custo de obra	
Obra provisória	Suporte provisório	27	37
	Escavação	10	
Obra permanente	Estrutura permanente	26	42
	TBM	16	
Demais		21	21

Fonte: Takeuchi, M.



PROGRAMA

- Introdução
- Diagnóstico
- **Análise dos resultados**
- Conclusões



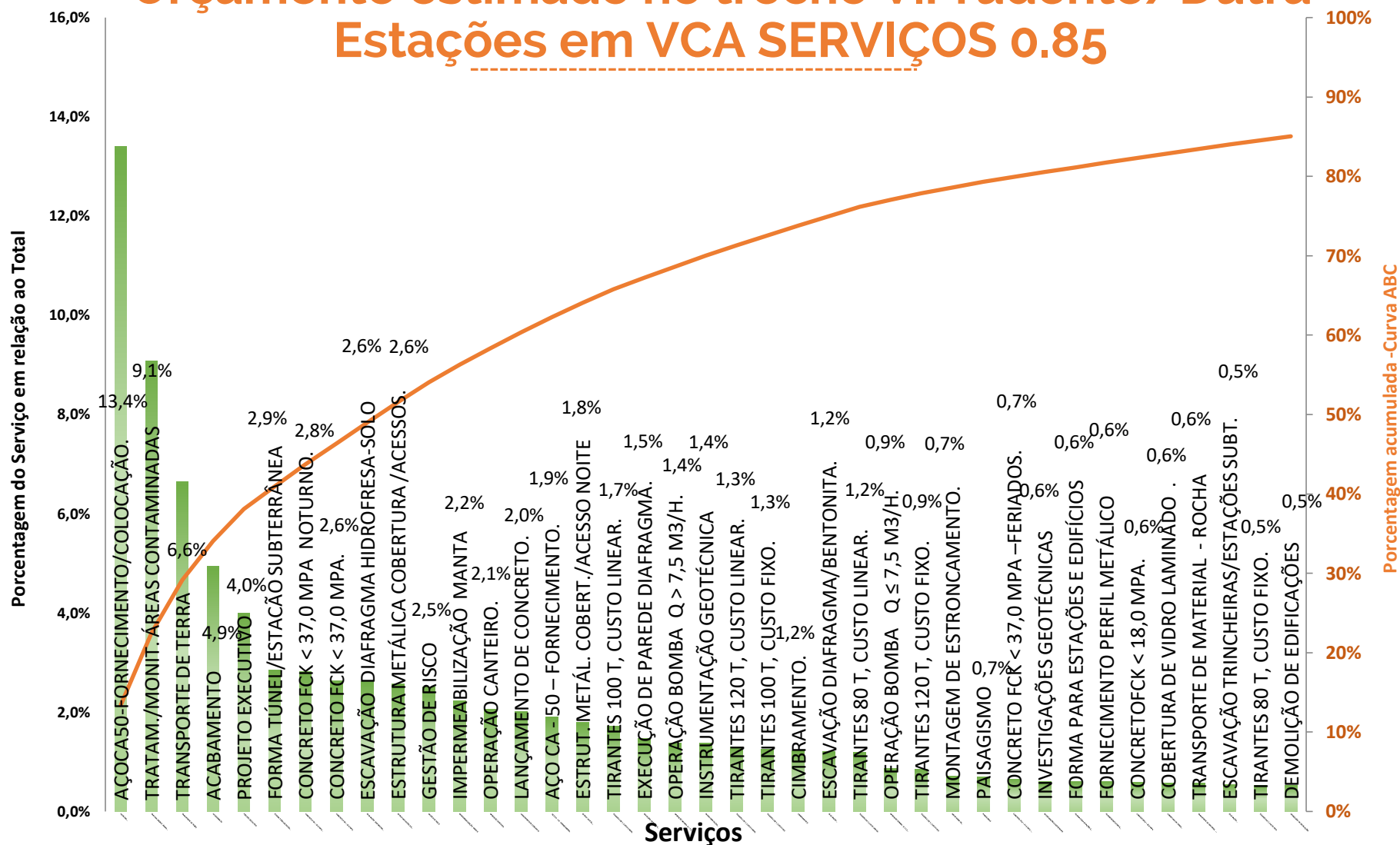
ANÁLISE DOS RESULTADOS

- **Curvas ABC**
- Fator tempo
- Gestão de riscos



Orçamento estimado no trecho V.Prudente/Dutra

Estações em VCA SERVIÇOS 0.85

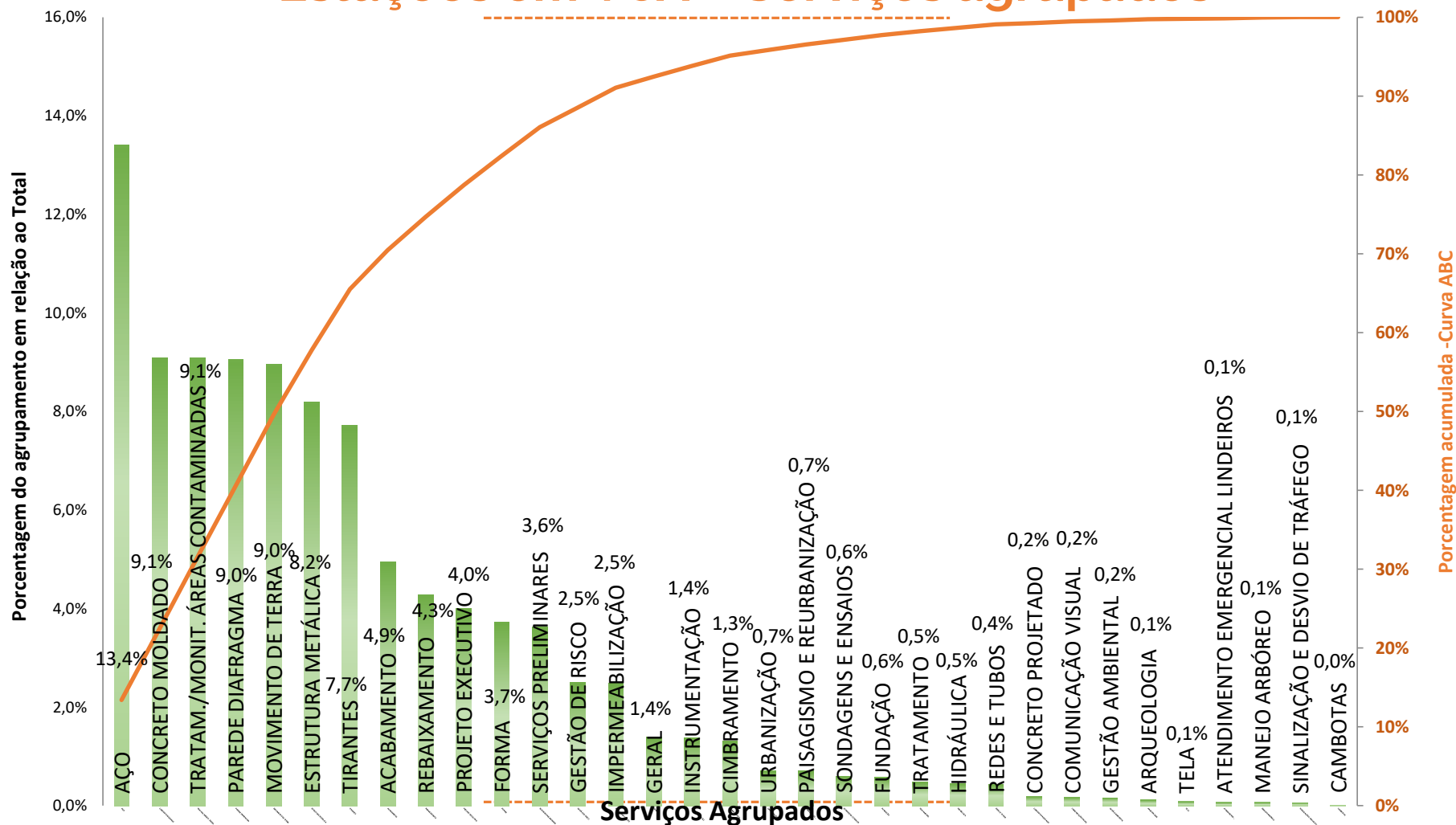


Fonte: Takeuchi, M.

Legenda: Curva ABC com estações em VCA e preços unitários.



Linha 2 - Orçamento estimado no trecho V.Prudente/Dutra **Estações em VCA – Serviços agrupados**

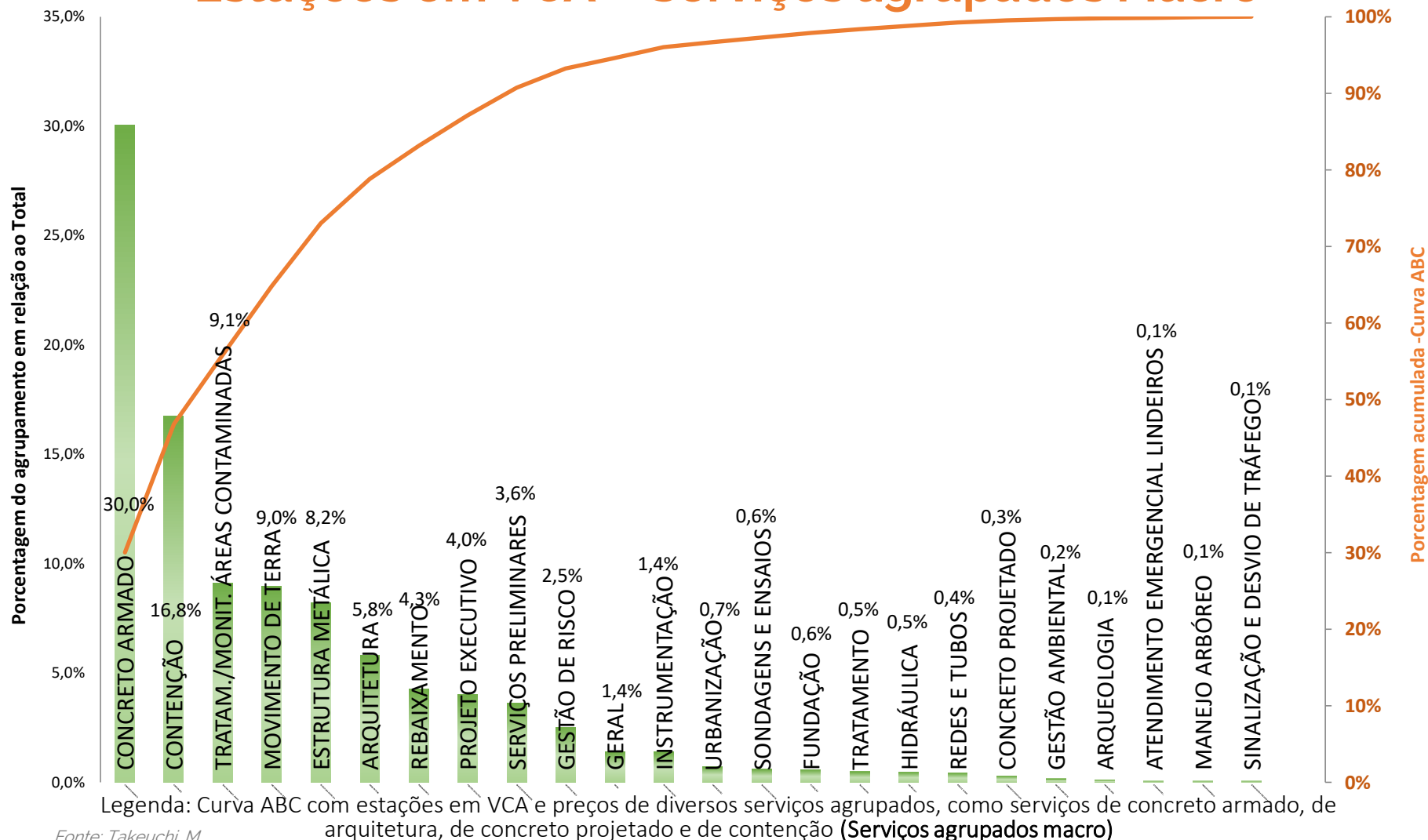


Fonte: Takeuchi, M.

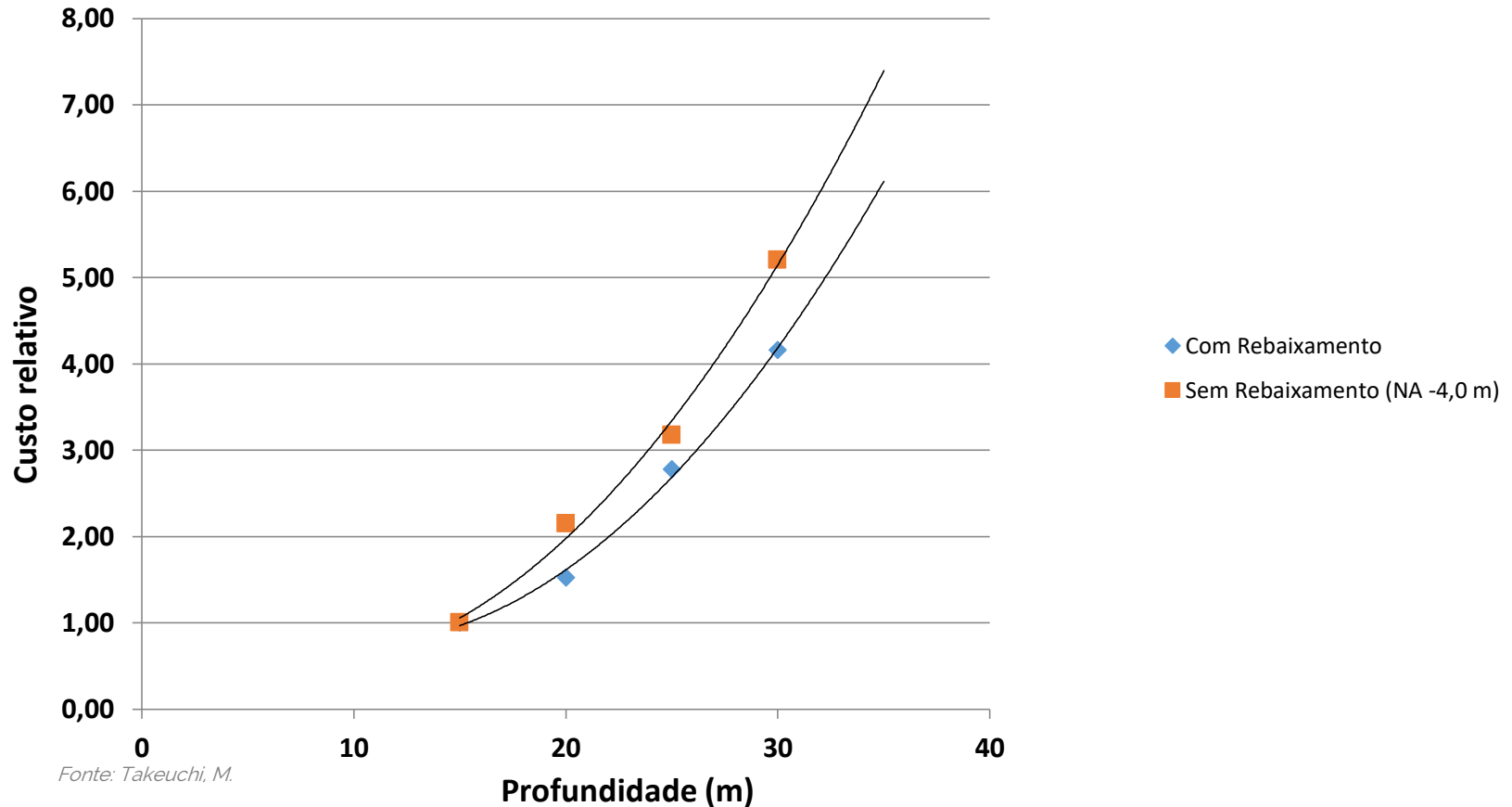
Legenda: Curva ABC com estações em VCA e preços de diversos serviços agrupados.



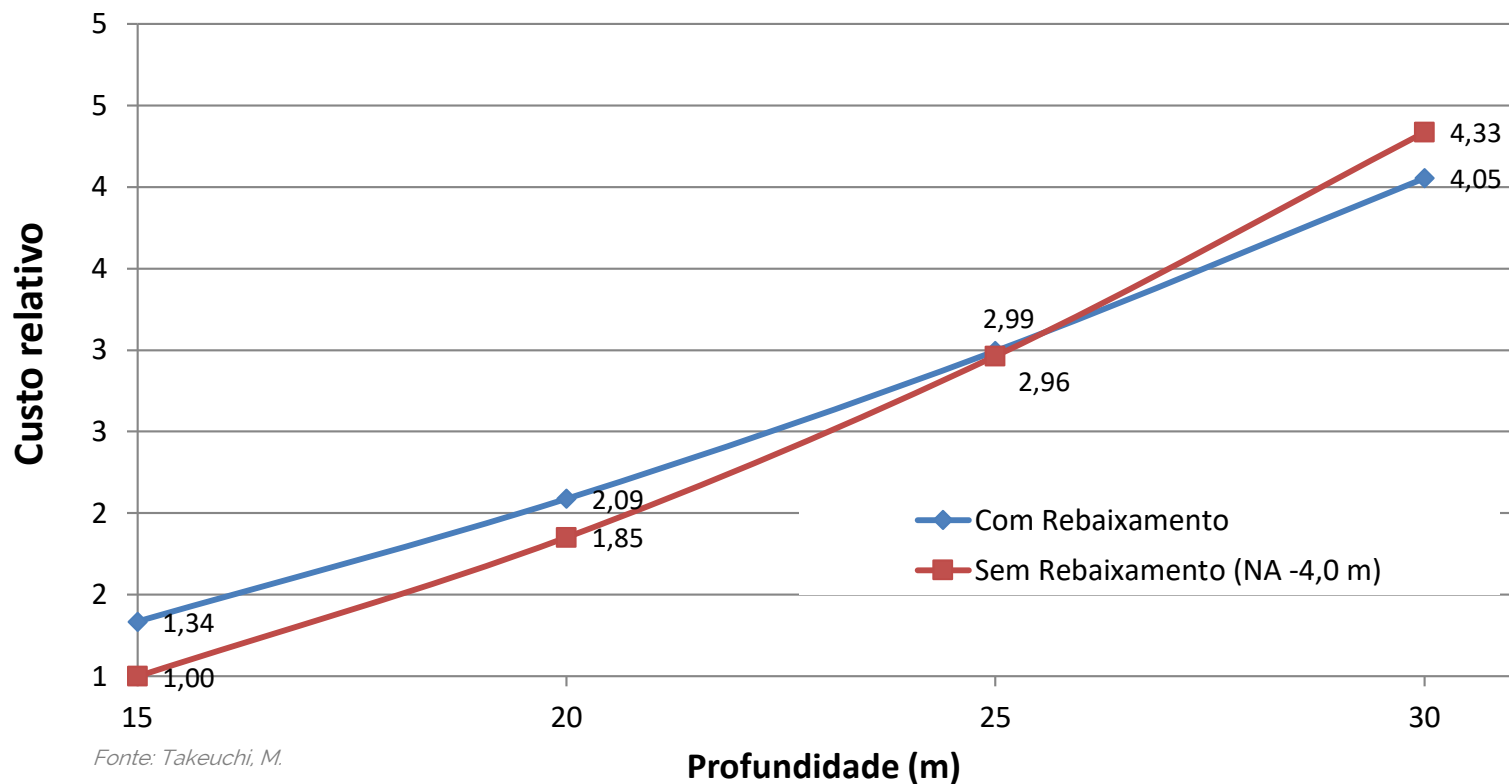
Linha 2 - Orçamento estimado no trecho V.Prudente/Dutra Estações em VCA – Serviços agrupados Macro



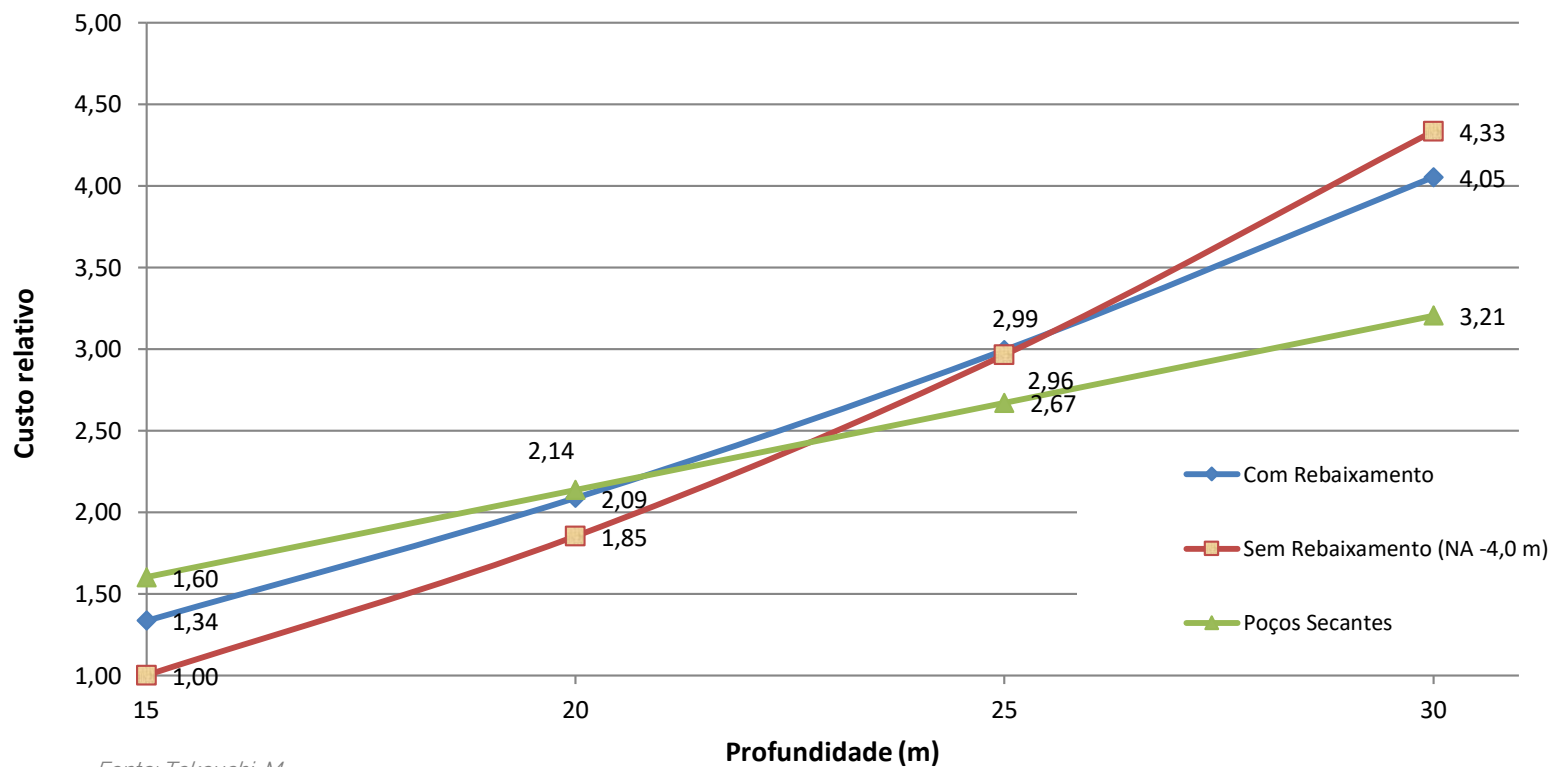
Variação do custo de contenção (parede diagrama + tirantes) da estação em VCA



Variação do custo de escavação, contenção (parede diafragma + tirantes) e rebaixamento de estação em VCA



Variação do custo de escavação, contenção (parede diafragma + tirantes) e rebaixamento de estação em VCA e em poços



Fonte: Takeuchi, M.



Obras Públicas – Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas – 3ª edição

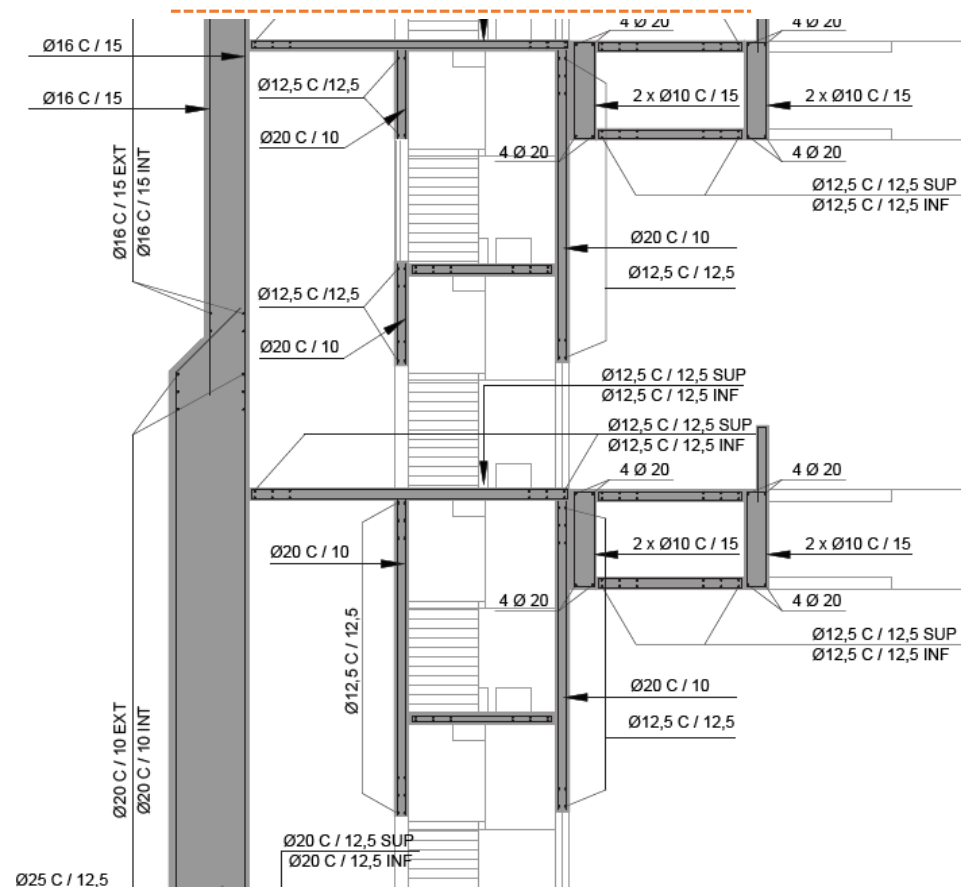
Tipo	Precisão	Margem de Erro	Projeto	Elementos Necessários
Avaliação	Baixa	30%	Anteprojeto	• Área construída • Padrão de acabamento • Custo unitário básico
Orçamento sintético	Média	10 a 15%	Projeto básico	• Plantas principais • Especificações básicas • Preços de referência
Orçamento analítico	Alta	5%	Projeto executivo	• Plantas detalhadas • Especificações completas • Preços negociados

Figura 2 – Nível de precisão de projetos

Fonte: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas, 3ª edição - Tribunal de Contas da União



DETALHES DA ARMAÇÃO



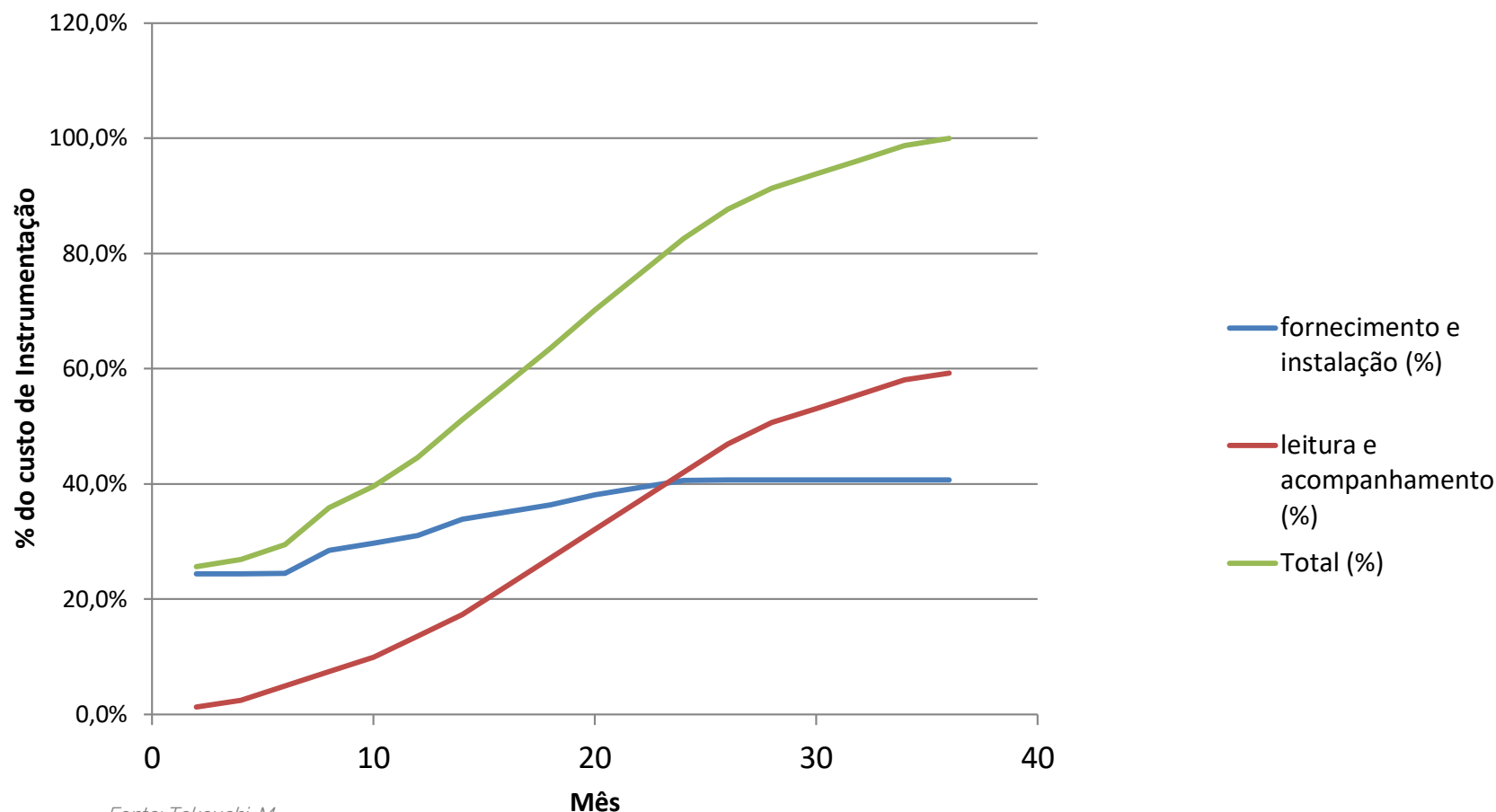
Projeto Básico Estação Ponte Grande – Linha 2-Verde

ANÁLISE DOS RESULTADOS

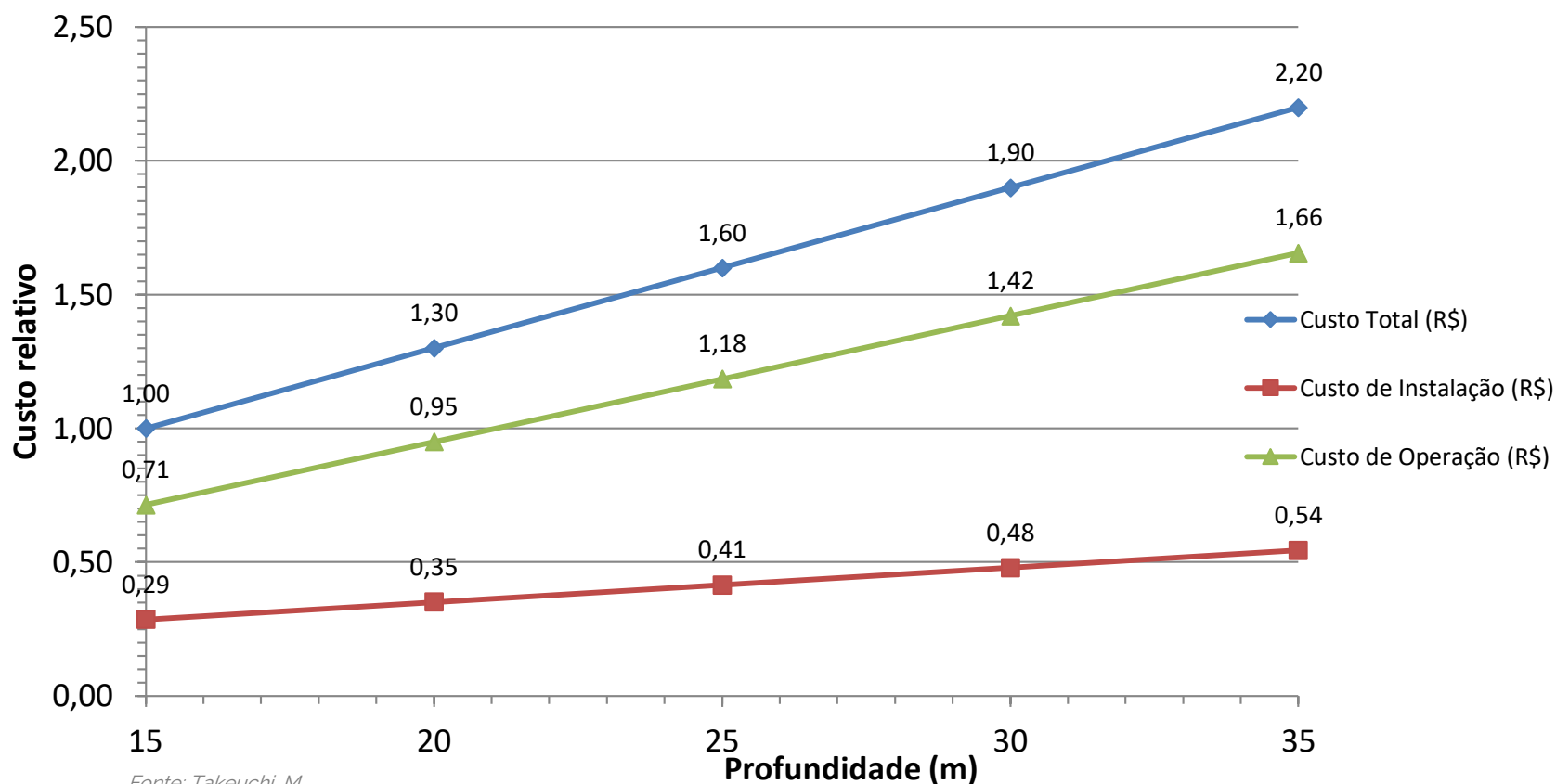
- Curvas ABC
- **Fator tempo**
- Gestão de riscos



Variação do custo de Instrumentação x Tempo, de uma estação em VCA



Variação do custo de Rebaixamento de uma estação em VCA, em função de profundidade e tempo



Fonte: Takeuchi, M.



Edificações sobre os túneis de via

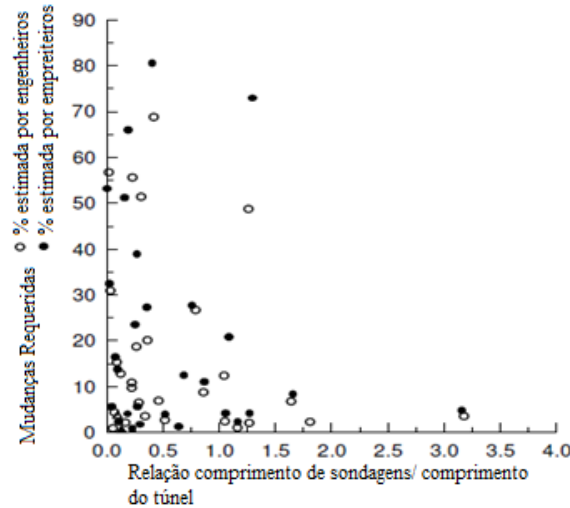
Linha	Trecho subterrâneo	Ext. Total da Linha (km)	Ext. de túnel sob áreas edificadas	% edificada sobre Total
1	Jabaquara/Tiradentes e Tucuruvi/Jardim S.P.	20,20	1,05	5%
3	Sé/Marechal	22,00	1,32	6%
2	V. Madalena/V. Prudente	14,70	2,59	18%
4	Luz/V. Sônia	12,80	2,46	19%
5	Adolfo Pinheiro/Chácara Klabin	11,50	3,10	27%
6	Brasilândia/S. Joaquim	15,90	8,44	53%
2	V. Prudente/Dutra	14,4	6,13	43%

Fonte: Takeuchi, M.



Gestão de riscos

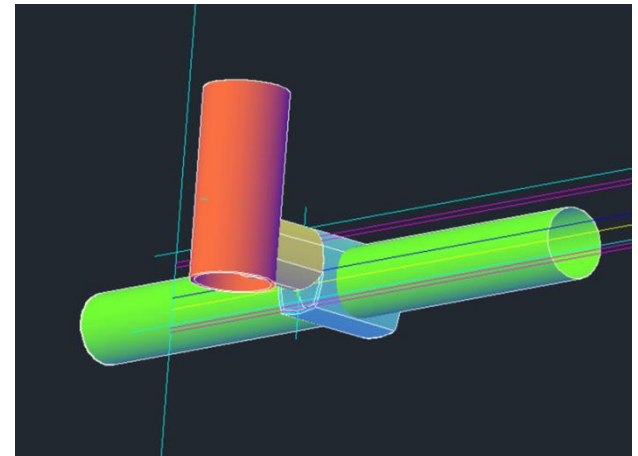
- Lei 13.303: inclusão de "riscos" na definição do Projeto Básico
- Sondagens



- Relatório: alocação de riscos
- Padronização
- Modelo de contratação

Gestão de riscos

- Padronização de poço de ventilação e saída de emergência:
 - Geometria;
 - Dimensionamento de revestimento primário;
 - Dimensionamento de revestimento secundário;
 - Bitola de armadura e espaçamentos;
 - Tipo de material;
 - Fixação da estrutura interna do revestimento secundário;
 - Processo executivo;
 - Interfaces de projeto civil e sistemas;
 - Acesso de equipamentos;
 - Quantitativos.



Fonte: Metrô de SP

Gestão de riscos

- Modelo de contratação:
 - Linha 4 – Estações da fase 1: Eventos globais

Tipo de Serviço	unidade	Valor relativo	
		Projeto Básico	Projeto Executivo
Escavação	m ³	1,00	1,06
Concreto	m ³	1,00	0,93
Aço	t	1,00	0,98

Fonte: Takeuchi, M.

- Unitário/global
- Risco/desempenho



PROGRAMA

- Introdução
- Diagnóstico
- Análise dos resultados
- **Conclusões**



CONCLUSÃO

- Importância da concepção arquitetônica em conjunto com a engenharia civil;
 - Análise de itens significativos da curva ABC;
 - Padronização visando qualidade e produtividade;
 - Importância de dados básicos para o desenvolvimento do projeto;
 - Definição do cronograma de obra na elaboração de quantidades para orçamento;
 - Avaliação do modelo de contratação;
 - Gestão de risco em todas as fases do empreendimento;
 - Importância de Gestão de Projeto.
-



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas, 3ª edição - Tribunal de Contas da União
- Projeto Básico da Linha 2, trecho Vila Prudente (exclusive)/Dutra
- Fruin, J. J. "Pedestrian planning and design". New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners (1971).
- Tabelas e gráficos: Massaru Takeuchi
- Imagens Slide 4: www.fernandes.arq.br / Projeto Básico Estação Orfanato



Impacto das decisões de arquitetura e engenharia civil nos custos das estações de Metrô

MASSARU TAKEUCHI
FABIANA NONOGAKI
RODRIGO GUEDES DE AZEVEDO

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária