Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



35ETC-06632
ANÁLISE DE CUSTOS DA RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO DO MATERIAL PROVENIENTE DAS OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA REDE DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE

Ysadora Ignacio
Companhia Águas de Joinville

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Execução de obras de saneamento

Reaterro das valas escavadas

Material de empréstimo ou reaproveitamento do material escavado

Reciclagem com melhoramento do material escavado das valas



OBJETIVOS

Analisar a viabilidade técnica e econômica de reciclagem e reaproveitamento dos materiais provenientes de valas de obras públicas de saneamento da cidade de Joinville.

- Quantidade de materiais destinados para bota-fora;
- Tipos de reciclagem e beneficiamento de resíduos da construção civil oferecidos no mercado.
- Comparar custos:
  - Reaproveitamento do solo in natura;
  - Material de empréstimo e destinação de bota-fora;
  - Agregado reciclado.

METODOLOGIA

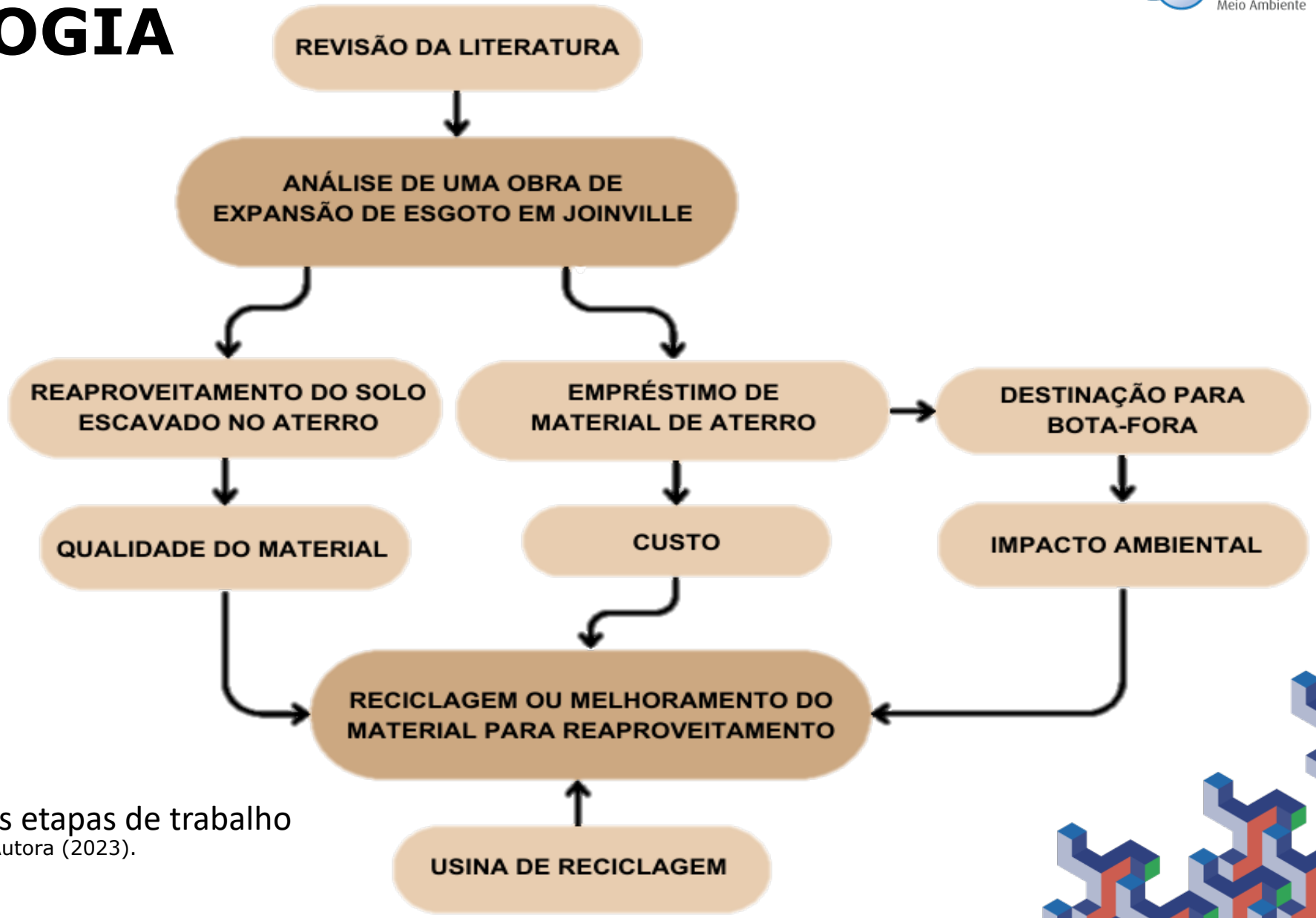


Figura 1 – Fluxograma das etapas de trabalho

Fonte: A Autora (2023).

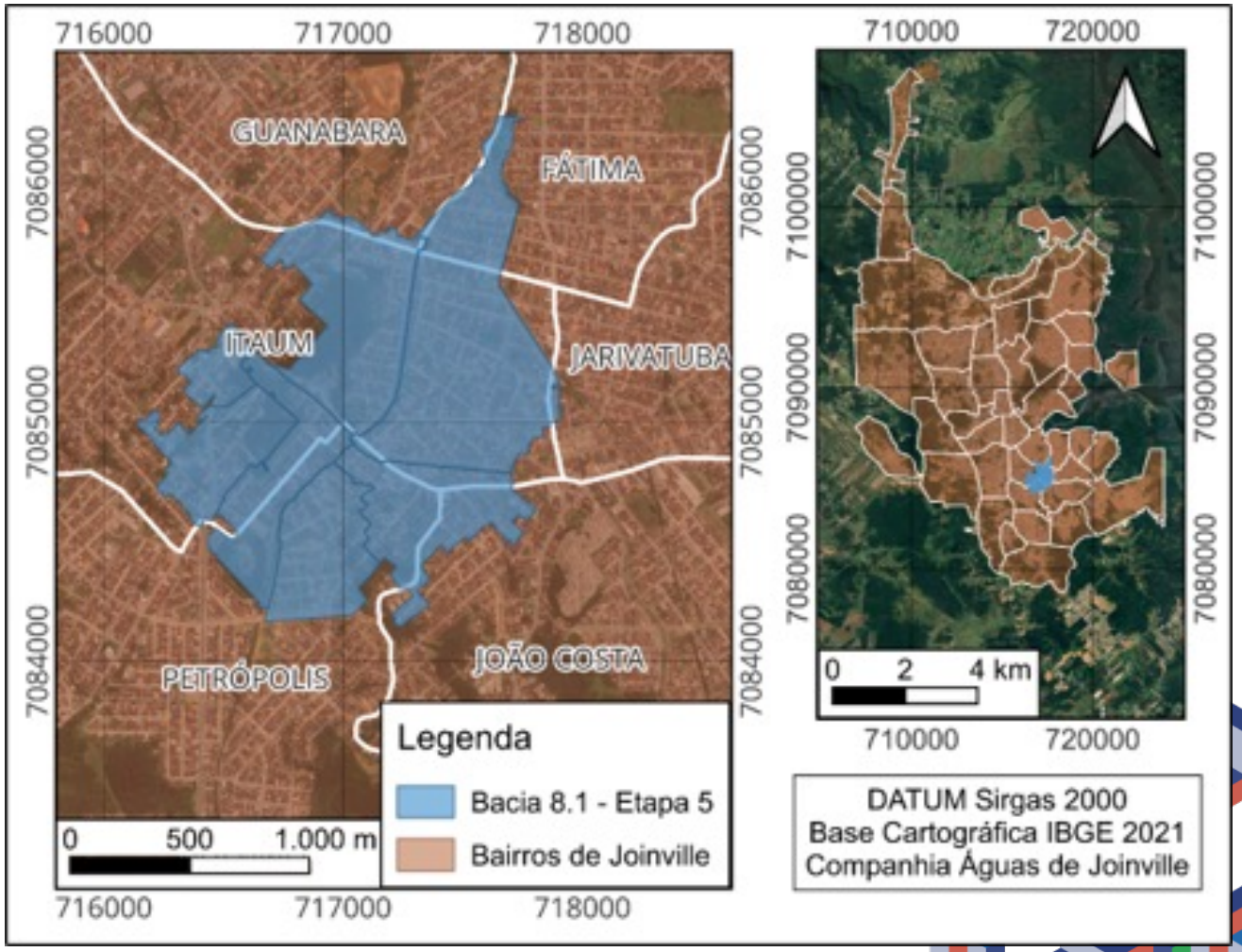
Apresentação da Obra

Obra de expansão da rede de esgoto da **Bacia 8.1 Etapa 5**

Companhia Águas de Joinville, em Joinville, Santa Catarina.

32.992 metros de rede de esgoto sanitário, e **cinco elevatórias**

Figura 2 – Mapa de localização da obra – Bacia 8.1 Etapa 5



Fonte: A Autora (2023).

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

Camadas do solo existentes: revestimento da pavimentação, base e aterro da vala.

Termo de referência da obra:

Para o reaterro, os materiais devem atender as seguintes características mecânicas e físicas:

- ***CBR > 8 % e expansão máximo 2%***
- ***isento de matéria orgânica****.*
- ***GC>95%”***

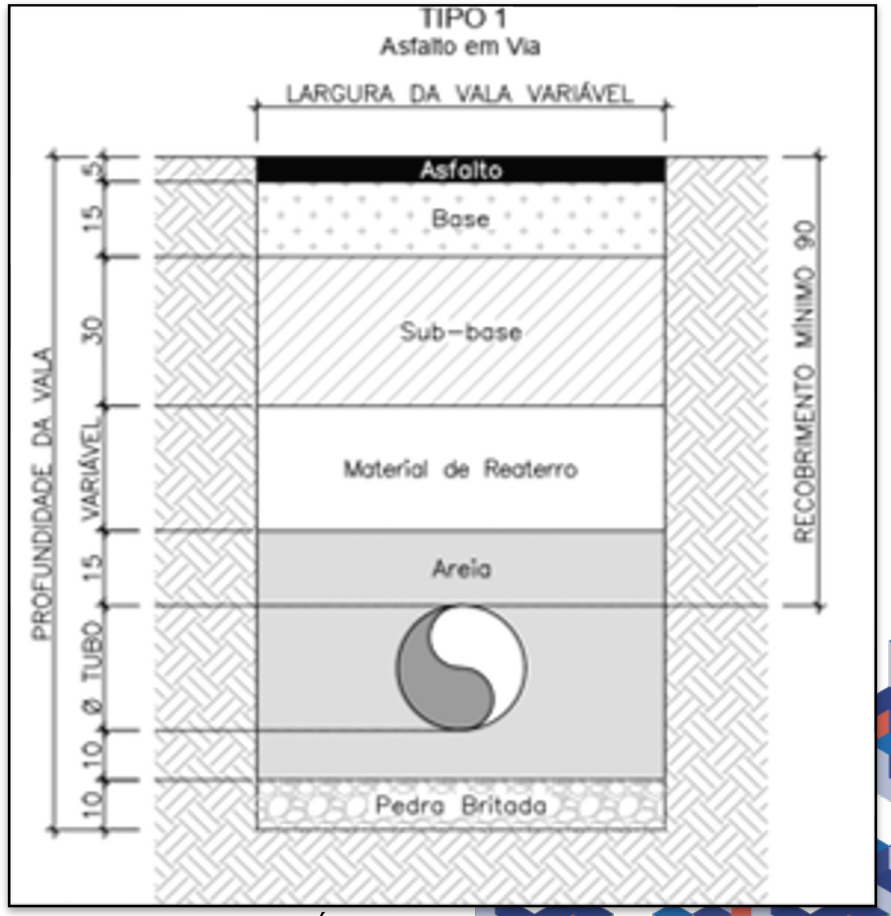
Preferencialmente reutilizar o material escavado, se não for possível utilizar material de empréstimo.

Areia: chuvas, água no solo, solicitado pela fiscalização.

Material escavado não reaproveitado Bota-fora

Bota-fora em Araquari por falta de disponibilidade em Joinville.

Figura 3: Recorte do Anexo A – Perfil do solo para vias pavimentadas



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2023).

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

ATERRO DE VALA COM REAPROVEITAMENTO DO SOLO IN NATURA

VANTAGENS

- Redução de resíduos;
- Minimiza necessidade de extração de materiais;
- Facilidade de logística da obra
- Custo baixo – R$29,50/m³ (somente mão de obra)

DESVANTAGENS

- Não garante qualidade do reaterro (granulometria, teor de umidade, densidade aparente e resistência à penetração do solo);
- Não pode ser realizado em dias de chuvas ou com em valas encharcadas.

Figura 4 – Implantação de rede – reaproveitamento do solo



Fonte: A Autora (2021).

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

ATERRO DE VALA COM REAPROVEITAMENTO DO SOLO IN NATURA

Figura 5: Ensaio frasco de areia – Rua José Francisco Ramos



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022).

Ordem de Serviço:	**OS-22/392- Aterro**				
Localização:	**Rua José Francisco Ramos, 295**				
Data:	**05/maio**				
Empresa executora:	**MEGAGEO**				
Condições climáticas:	☐ **Nublado** ☒ **Sol** ☐ **Chuva**				
ENSAIO	NORMA	CRITÉRIOS	RESULTADO	CONFORME	NÃO CONFORME
Compactação (Proctor) - Aterro	CONFORME EDITAL	Intermediária	Intermediária	☒	☐
Resistência (CBR) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 8%	9,15	☒	☐
Expansão (CBR) - Aterro	CONFORME EDITAL	≤ 2%	0,67	☒	☐
Granulometria (Peneiramento) - Aterro	DNIT IPR 719/06	A fração que passa na peneira 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na peneira 40	A-7-6 P_{40} = 67,3 P_{200} = 53,8	☐	☒
Limite de Liquidez (LL) - Aterro	DNIT IPR 719/06	≤ 25%	70	☐	☒
Equivalente de Areia - Aterro	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	9	☐	☒
Equivalente de Areia - 1	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	2	☐	☒
Equivalente de Areia - 2	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	13	☐	☒
Equivalente de Areia - 3	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	10	☐	☒
Limite de Plasticidade (LP) - Aterro	DNIT IPR 719/06	≤ 6%	27	☐	☒
Desvio de Umidade– Aterro 1	CONFORME EDITAL	+- 2%	-5,52	☐	☒
Grau de Compactação (Frasco de Areia 1) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 95%	89,55	☐	☒
Desvio de Umidade– Aterro 2	CONFORME EDITAL	+- 2%	-2,68	☐	☒
Grau de Compactação (Frasco de Areia 2) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 95%	91,99	☐	☒
Desvio de Umidade– Aterro 3	CONFORME EDITAL	+- 2%	-6	☐	☒
Grau de Compactação (Frasco de Areia 3) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 95%	90,22	☐	☒

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

ATERRO DE VALA COM MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (AREIA)

VANTAGENS

- Maior garantia de qualidade no reaterro;
- Pode ser utilizado em dias de chuvas e em solos encharcados

DESVANTAGENS

- Necessidade de adensamento hidráulico;
- Exploração de jazidas naturais;
- Destinação do material escavado;
- Alto custo - R$114,19/m³ (fornecimento de material, transporte e serviço)

Figura 6 – Implantação de rede – aterro com areia



Figura 7 – Adensamento hidráulico– aterro com areia



Fonte: A Autora (2021).

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

ATERRO DE VALA COM MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (AREIA)

Figura 8: Ensaio frasco de areia – Rua Guatemala



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022).

Ordem de Serviço:	**OS-22/ 309- Aterro**				
Localização:	**Rua Guatemala**				
Data:	**05/abril**				
Empresa executora:	**MEGAGEO**				
Condições climáticas:	**☒ Nublado ☐ Sol ☐ Chuva**				
ENSAIO	NORMA	CRITÉRIOS	RESULTADO	CONFORME	NÃO CONFORME
Compactação (Proctor) - Aterro	NBR 7182	Intermediária	Intermediária	☒	☐
Resistência (CBR) - Aterro	NBR 9895	≥ 8%	12,1	☒	☐
Expansão (CBR) - Aterro	NBR 9895	≤ 2%	-0,05	☒	☐
Granulometria (Peneiramento) - Aterro	DNER-ME 080/94	A fração que passa na peneira 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na peneira 40	A-2-4 P_{40}= 84,4 P_{200} = 2,1	☒	☐
Limite de Liquidez (LL) - Aterro	DNER-ME 122/84	≤ 25%	NP	☒	☐
Equivalente de Areia - Aterro	DNER-ME 054/97	≥ 30%	61	☒	☐
Equivalente de Areia - 1	DNER-ME 054/97	≥ 30%	65*	☒	☐
Equivalente de Areia - 2	DNER-ME 054/97	≥ 30%	43*	☒	☐
Equivalente de Areia - 3	DNER-ME 054/97	≥ 30%	25*	☐	☒
Limite de Plasticidade (LP) - Aterro	DNER-ME 082/84	≤ 6%	NP	☒	☐
Desvio de Umidade– Aterro 1	DNER-ME 213/94	+- 2%	1,45	☒	☐
Grau de Compactação (Frasco de Areia 1) - Aterro	DNER-ME 092/94	≥ 95%	103,30	☒	☐
Desvio de Umidade– Aterro 2	DNER-ME 213/94	+- 2%	-1,36	☒	☐
Grau de Compactação (Frasco de Areia 2) - Aterro	DNER-ME 092/94	≥ 95%	108,12	☒	☐
Desvio de Umidade– Aterro 3	DNER-ME 213/94	+- 2%	0,78	☒	☐
Grau de Compactação (Frasco de Areia 3) - Aterro	DNER-ME 092/94	≥ 95%	107,65	☒	☐

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

DESTINAÇÃO DE MATERIAL PARA BOTA-FORA

Desafios logísticos e aumento de custos de transporte devido à falta de terrenos licenciados para aterros sanitários em Joinville.

O IMA (Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina) é responsável pelo licenciamento e fiscalização ambiental no estado

Custos de transporte de solos são de R$0,92/$m^3$x km, enquanto a destinação em local licenciado custa R$4,45/$m^3$.

Estudos de reciclagem de materiais visando evitar a destinação em aterros e garantir o reaproveitamento de qualidade.

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

USINA DE RECICLAGEM DE RCC/ RCD

A usina de reciclagem: local onde são instalados equipamentos para o beneficiamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) classe A.

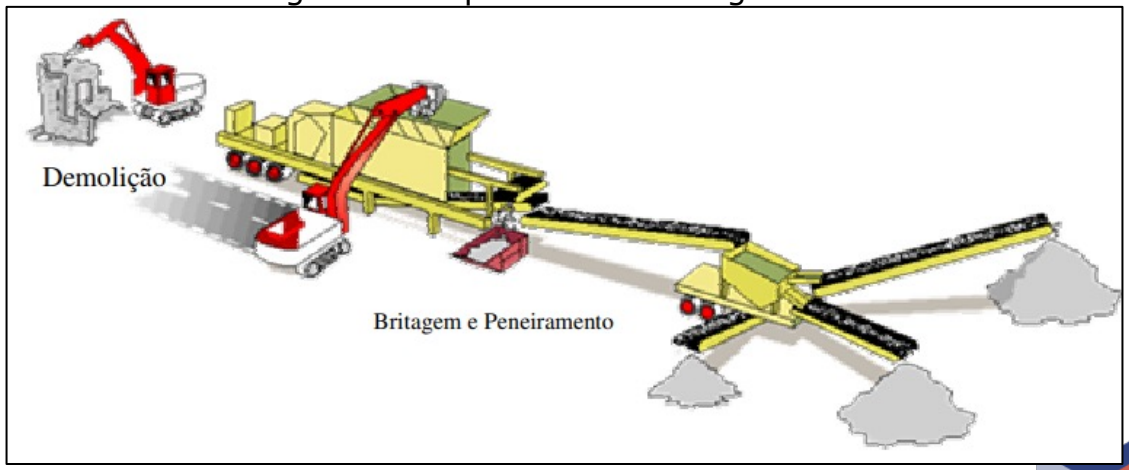
Inclui: pátios para estocagem, recebimento, manuseio e armazenamento dos materiais produzidos, bem como acessos para manobras de veículos e uma área destinada à administração. (ABNT, 2004).

Em Joinville, seria ideal que a Usina de Reciclagem ficasse localizada dentro do perímetro urbano

PROCESSO DA USINA DE RECICLAGEM

- Triagem;
- Britagem secundária;
- Separação Magnética (depende);
- Separação Manual;
- Britagem;
- Pilhas de estocagem;

Figura 9: Esquema de reciclagem de RCD



Fonte: Vedroni (2007).

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

PRODUTO DA USINA DE RECICLAGEM

SOLO BRITA RECICLADO

Figura 10 – Solo brita reciclado



Figura 11 – Disposição Solo brita reciclado



Fonte: SBR (2023).

Utilização: reforço de sub leito de pavimento e aterros;

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

PRODUTO DA USINA DE RECICLAGEM

PÓ DE PEDRA/ AREIA RECICLADA

Figura 12 – Pó de pedra reciclado



Figura 13 – Disposição pó de pedra reciclado



Fonte: SBR (2023).

Utilização: reforço de sub leito de pavimento, revestimento primário, sub base de pavimento, concreto magro, calçadas, argamassas...

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

PRODUTO DA USINA DE RECICLAGEM

PEDRISCO RECICLADO

Figura 14 – Pedrisco reciclado



Figura 15 – Disposição Pedrisco reciclado



Fonte: SBR (2023).

Utilização: revestimento primário, sub base de pavimento, concreto magro, fabricação de artefatos de concreto, lajes pré-moldadas, calçadas, meio fio,...

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

PRODUTO DA USINA DE RECICLAGEM

BRITA 1 RECICLADA

Figura 16 –Brita 1 reciclada



Figura 17 – Disposição Brita 1 reciclada



Fonte: SBR (2023).

Utilização: base de pavimento, concreto magro, confecção de massa asfáltica, fabricação de artefatos de concreto, bases e sub-bases de pavimentação...

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

PRODUTO DA USINA DE RECICLAGEM

BICA CORRIDA RECICLADA

Figura 18 – Bica corrida reciclado



Figura 19 – Bica Corrida reciclada – revestimento



Fonte: SBR (2023).

Utilização: bases e sub-bases de pavimentação, revestimentos de terrenos, pátios e áreas de estacionamentos...

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

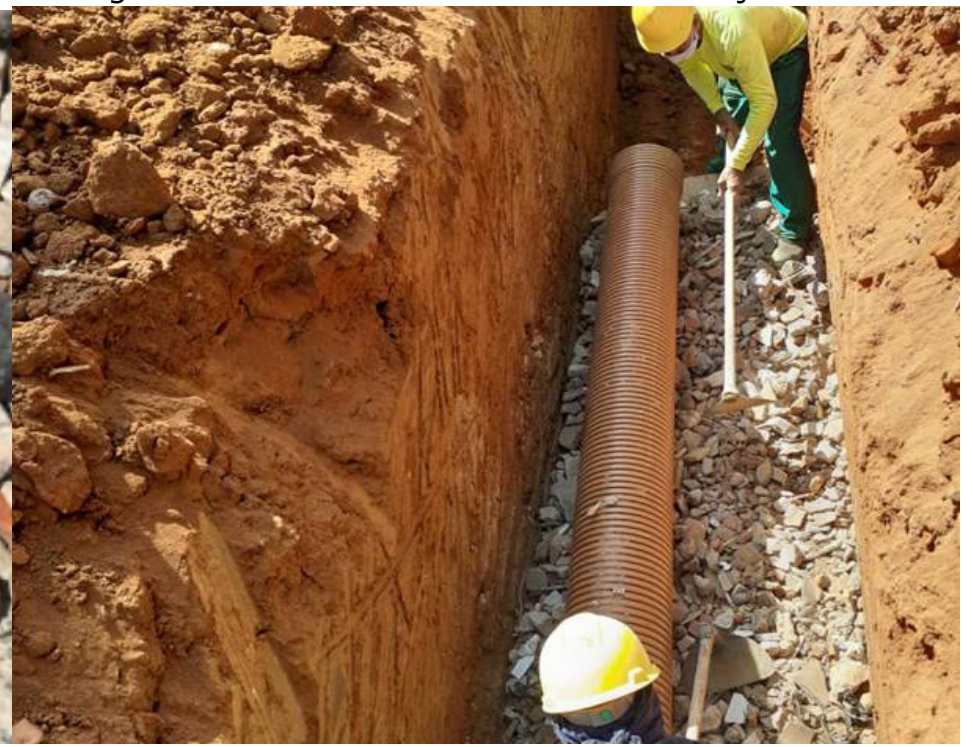
PRODUTO DA USINA DE RECICLAGEM

RACHÃO RECICLADO

Figura 20 – Rachão reciclado



Figura 21 – Rachão reciclado como reforço de vala



Fonte: SBR (2023).

Utilização: obras de pavimentação, formação de lastro de fundação e drenos, calçamentos de ruas, bases, muros de contenção, barreiras, encostas (gabião) e nivelamentos ferroviários...

Reciclagem e beneficiamento de materiais escavados

PROPOSTA DE USINA DE RECICLAGEM

Projeto de estudos da Companhia Águas de Joinville;

Viabilidade Técnica e econômica da implantação da usina;

Solo-brita, bica corrida e rachão;

Custo de beneficiamento de R$80,28/m³

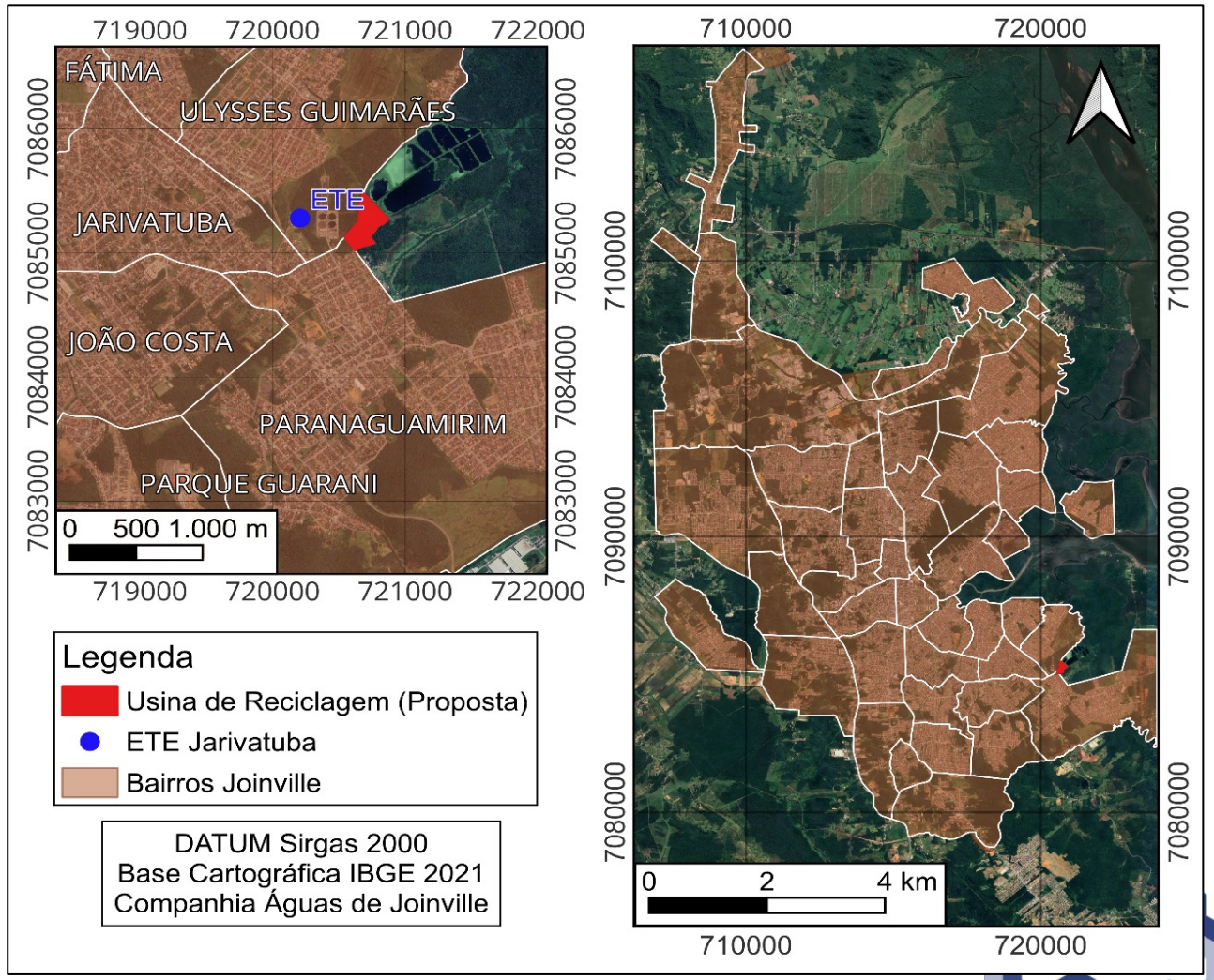


Figura 22: Mapa de localização da Usina

Fonte: A autora (2023).

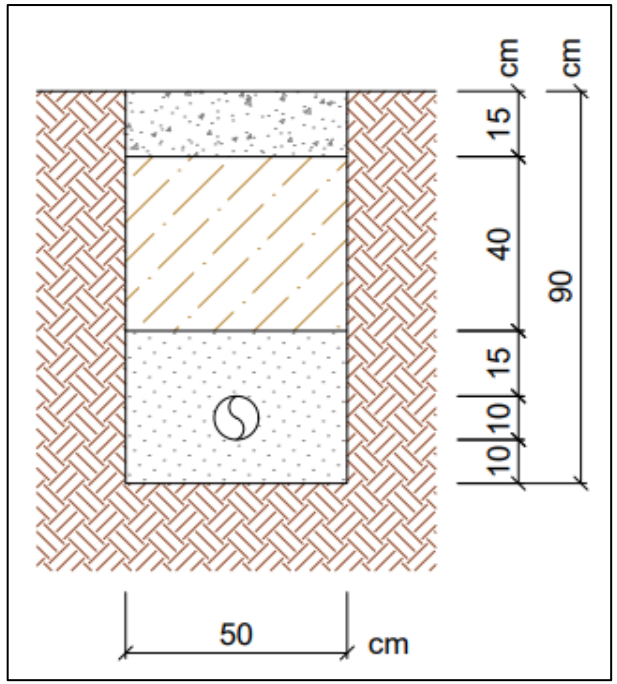
RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

Trecho modelo de 100m rede DN150, 12 ramais DN100 com 5,50m;

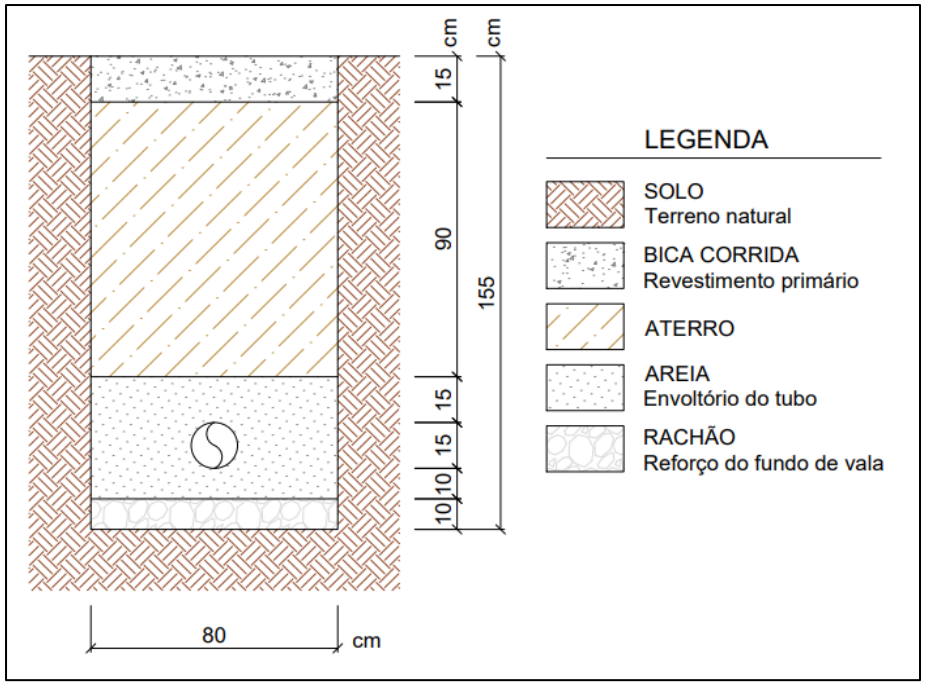
Escavação de 214,40m³, e para implantação: 10m³ de rachão, 63,10m³ de areia, 116,40m³ de aterro compactado, e 24,90m³ de bica corrida compactada.

Figura 23: Perfil para ramais



Fonte: A autora (2023).

Figura 24: Perfil para redes



Fonte: A autora (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

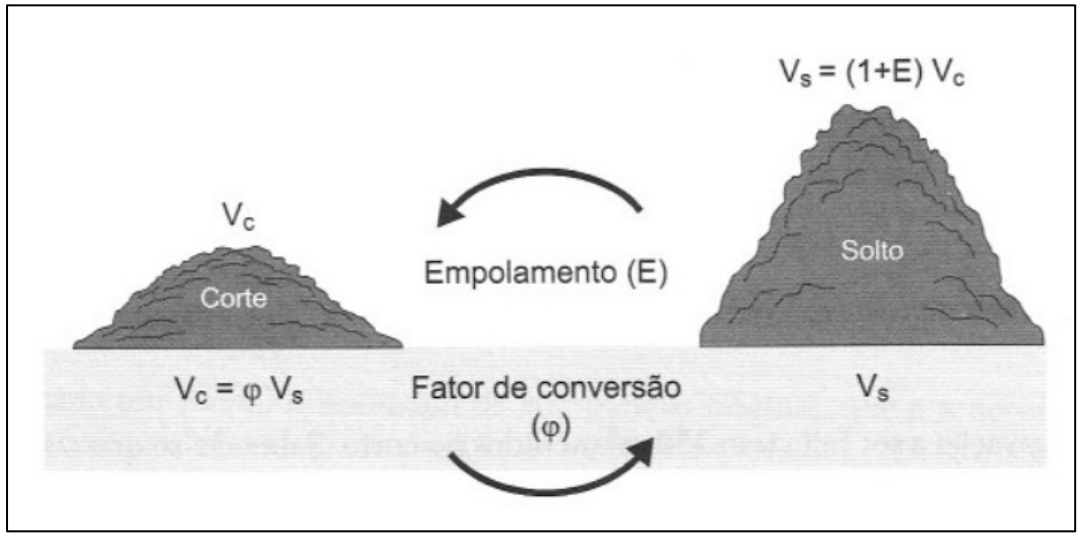
AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

Aterro da vala com reaproveitamento do solo in natura

Solo cortado (compactado): 214,40m³
Reaproveitado como aterro (compactado): 116,50m³
Solo excedente: 98m³ compactado = 137,20m³ solto (empolamento de 40%)

Bota-fora em Araquari: 15,6km – 11 viagens de um caminhão caçamba de 13m³.

Figura 25: Empolamento do solo



Fonte: Mattos (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

Aterro da vala com reaproveitamento do solo in natura

Serviço	Unidade	Quantid.	Custo Unit. (R$)	Custo tot. (R$)
Regularização de Fundo de Vala (Compactação manual fundo de valas com maço=10kg para rede de esgoto)	m^2	113	5,85	661,05
Lastro de Rachão	m^3	10	113,53	1135,30
Assentamento de tubulação de PVC de parede maciça para esgoto DN 100	m	66	2,52	166,32
Assentamento de tubulação de PVC de parede maciça para esgoto DN 150	m	100	3,07	307,00
Lastro e envoltória de areia	m^3	63,1	75,51	4764,68
Reaterro manual de valas com compactação mecanizada por soquete vibratório	m^3	116,4	29,5	3433,80
Execução de pavimentação com fornecimento de saibro (seleção espalhamento, compactação e regularização da superfície)	m^3	24,9	60,57	1508,19
Transporte de bota-fora (caminhão caçamba de 13m^3)	Km	171,6	0,92	157,87
Destinação de bota-fora	m^3	137,2	4,45	610,54
			TOTAL	**12744,76**

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

ATERRO DE VALA COM REAPROVEITAMENTO DO SOLO IN NATURA



Ordem de Serviço:	OS-22/392- Aterro				
Localização:	Rua José Francisco Ramos, 295				
Data:	05/maio				
Empresa executora:	MEGAGEO				
Condições climáticas:	☐ Nublado ☒ Sol ☐ Chuva				
ENSAIO	NORMA	CRITÉRIOS	RESULTADO	CONFORME	NÃO CONFORME
Compactação (Proctor) - Aterro	CONFORME EDITAL	Intermediária	Intermediária	☒	☐
Resistência (CBR) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 8%	9,15	☒	☐
Expansão (CBR) - Aterro	CONFORME EDITAL	≤ 2%	0,67	☒	☐
Granulometria (Peneiram[illegible]) - Aterro	DNIT IPR 719/06	A fração que passa na peneira 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na peneira 40	A-7-6 P_{40} = 67,3 P_{200} = 53,8	☐	☒
Limite de Liquidez (LL) - Aterro	DNIT IPR 719/06	≤ 25%	70	☐	☒
Equivalente de Areia - Aterro	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	9	☐	☒
Equivalente de Areia - 1	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	2	☐	☒
Equivalente de Areia - 2	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	13	☐	☒
Equivalente de Areia - 3	DNIT IPR 719/06	≥ 30%	10	☐	☒
Limite de Plasticidade (LP) - Aterro	DNIT IPR 719/06	≤ 6%	27	☐	☒
Desvio de Umidade– Aterro 1	CONFORME EDITAL	+- 2%	-5,52	☐	☒
Grau de Compactação (Frasco de Areia 1) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 95%	89,55	☐	☒
Desvio de Umidade– Aterro 2	CONFORME EDITAL	+- 2%	-2,68	☐	☒
Grau de Compactação (Frasco de Areia 2) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 95%	91,99	☐	☒
Desvio de Umidade– Aterro 3	CONFORME EDITAL	+- 2%	-6	☐	☒
Grau de Compactação (Frasco de Areia 3) - Aterro	CONFORME EDITAL	≥ 95%	90,22	☐	☒

REPROVADO

RESULTADOS E DISCUSSÕES

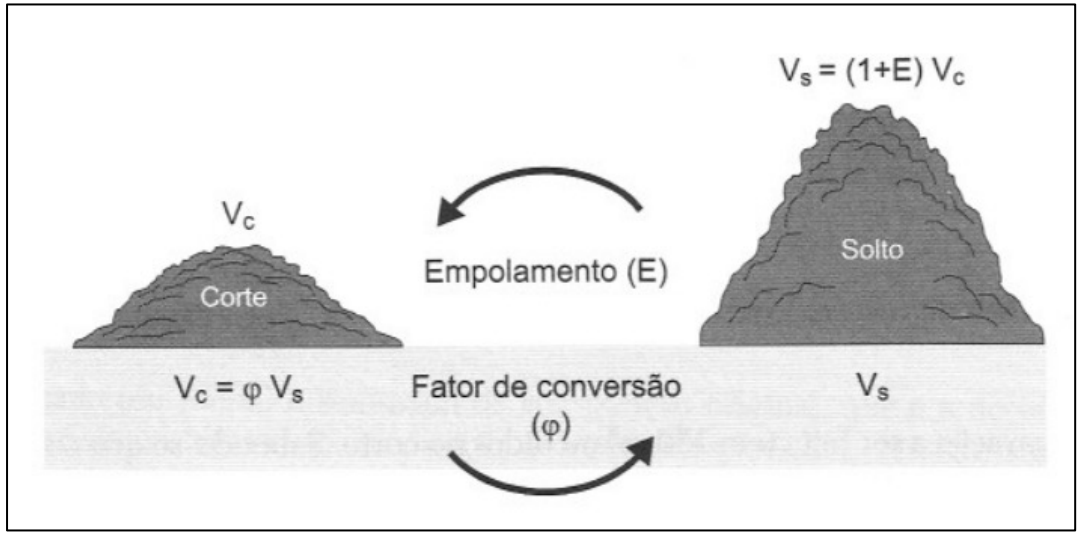
AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

Aterro da vala com material de empréstimo

Solo cortado (compactado): 214,40m³ = 300,16m³ solto (empolamento de 40%)

Bota-fora em Araquari: 15,6km – 23 viagens de um caminhão caçamba de 13m³.

Figura 25: Empolamento do solo



Fonte: Mattos (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

Aterro da vala com material de empréstimo

Serviço	Unidade	Quantid.	Custo Unit. (R$)	Custo tot. (R$)
Regularização de Fundo de Vala (Compactação manual fundo de valas com maço=10kg para rede de esgoto)	m^2	113	5,85	661,05
Lastro de Rachão	m^3	10	113,53	1135,30
Assentamento de tubulação de PVC de parede maciça para esgoto DN 100	m	66	2,52	166,32
Assentamento de tubulação de PVC de parede maciça para esgoto DN 150	m	100	3,07	307,00
Lastro e envoltória de areia	m^3	63,1	75,51	4764,68
Aterro/reaterro de valas, poços e cavas, com fornecimento de areia e adensamento hidráulico, inclusive transporte	m^3	116,4	114,19	13291,72
Execução de pavimentação com fornecimento de saibro (seleção espalhamento, compactação e regularização da superfície)	m^3	24,9	60,57	1508,19
Transporte de bota-fora (caminhão caçamba de 13m^3)	Km	358,8	0,92	330,10
Destinação de bota-fora	m^3	300,16	4,45	1335,71
			TOTAL	**23500,07**

Diagnóstico do atual do procedimento de aterro de vala e destinação de bota-fora

ATERRO DE VALA COM MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (AREIA)



Ordem de Serviço:	OS-22/ 309- Aterro				
Localização:	Rua Guatemala				
Data:	05/abril				
Empresa executora:	MEGAGEO				
Condições climáticas:	☒ Nublado ☐ Sol ☐ Chuva				
ENSAIO	NORMA	CRITÉRIOS	RESULTADO	CONFORME	NÃO CONFORME
Compactação (Proctor) - Aterro	NBR 7182	Intermediária	[illegible]diária	☒	☐
Resistência (CBR) - Aterro	NBR 9895	[illegible]%	12	☒	☐
Expansão (CBR) - Aterro	NBR 9895	[illegible]	-0,05	☒	☐
Granulometria (Peneiramento) - Aterro	[illegible] 080	[illegible] inferior a 2/3 da [illegible]ção que passa na peneira 40	A-2-4 P_{40}= 84,4 P_{200} = 2,1	☒	☐
Limite de [illegible]	[illegible] 122/84	≤ 25%	NP	☒	☐
[illegible]alente de Areia - [illegible]ro	DNER-ME 054/97	≥ 30%	61	☒	☐
[illegible] de Areia - 1	DNER-ME 054/97	≥ 30%	65*	☒	☐
[illegible]uivalente de Areia - 2	DNER-ME 054/97	≥ 30%	43*	☒	☐
Equivalente de Areia - 3	DNER-ME 054/97	≥ 30%	25*	☐	☒
Limite de Plasticidade (LP) - Aterro	DNER-ME 082/84	≤ 6%	NP	☒	☐
Desvio de Umidade– Aterro 1	DNER-ME 213/94	+- 2%	1,45	☒	☐
Grau de Compactação (Frasco de Areia 1) - Aterro	DNER-ME 092/94	≥ 95%	103,30	☒	☐
Desvio de Umidade– Aterro 2	DNER-ME 213/94	+- 2%	-1,36	☒	☐
Grau de Compactação (Frasco de Areia 2) - Aterro	DNER-ME 092/94	≥ 95%	108,12	☒	☐
Desvio de Umidade– Aterro 3	DNER-ME 213/94	+- 2%	0,78	☒	☐
Grau de Compactação (Frasco de Areia 3) - Aterro	DNER-ME 092/94	≥ 95%	107,65	☒	☐

APROVADO

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

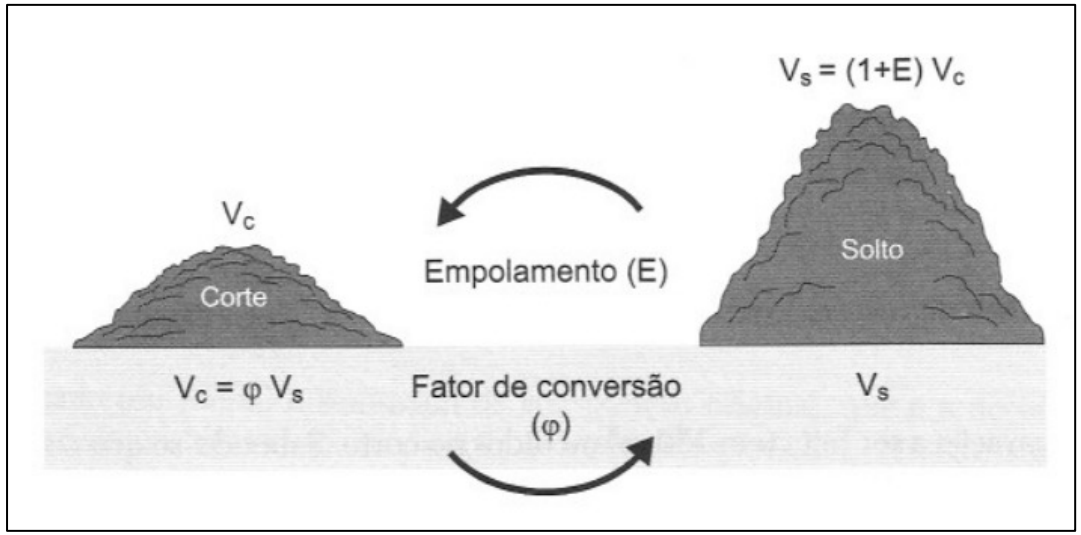
Aterro da vala com agregado reciclado

Solo cortado (compactado): 214,40m³ = 300,16m³ solto (empolamento de 40%)

Usina de Reciclagem (Proposta): 3,5km – 46 viagens (ida e volta)

Solo brita reciclado, bica corrida reciclada e rachão reciclado

Figura 25: Empolamento do solo



Fonte: Mattos (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO MATERIAL ESCAVADO

Aterro da vala com agregado reciclado

Serviço	Unid.	Quantid.	Custo Unit. (R$)	Custo tot. (R$)
Regularização de Fundo de Vala (Compactação manual fundo de valas com maço=10kg para rede de esgoto)	m^2	113	5,85	661,05
Lastro de Rachão Reciclado	m^3	10	80,28	802,80
Assentamento de tubulação de PVC de parede maciça para esgoto DN 100	m	66	2,52	166,32
Assentamento de tubulação de PVC de parede maciça para esgoto DN 150	m	100	3,07	307,00
Lastro e envoltória de areia reciclada	m^3	63,1	80,28	5065,67
Solo-brita reciclado para aterro	m^3	116,4	80,28	9344,59
Reaterro manual com compactação mecanizada por soquete vibratório	m^3	116,4	29,50	3433,80
Fornecimento de bica corrida reciclada	m^3	24,9	60,57	1998,97
Regularização mecanizada de superfície	m^2	113	0,08	9,04
Transporte até a usina (caminhão caçamba de 13m^3)	Km	161	0,92	148,12
			TOTAL	**21937,36**

6,65% de economia em comparação com o modelo com empréstimo de areia
72,13% mais caro que modelo de reaproveitamento do solo sem tratamento

RESULTADOS E DISCUSSÕES

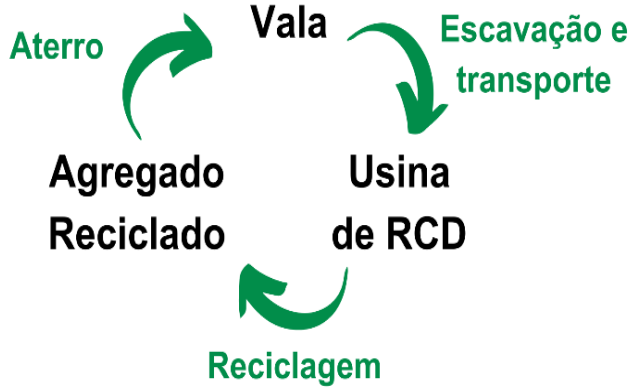
ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Reaproveitamento do material escavado:
- Reduz demanda de recursos naturais,
- Evita disposição de material em aterros, e
- Diminui impactos de transporte, porém não garante qualidade no aterro.

Areia:
- Apesar de garantir qualidade no aterro,
- Utiliza recursos naturais,
- Há necessidade de destinação para bota-fora, e
- Transporte dos materiais;

Agregados reciclados:
- Reduz demanda de recursos naturais,
- Evita disposição de material em aterros, e
- Diminui impactos de transporte, e
- Qualidade garantida pelo controle da usina.

Figura 26: Fluxo da reciclagem do solo



Fonte: A autora (2019).

CONCLUSÕES

Benefícios da reciclagem e reaproveitamento de material de escavação:

- Redução de custos e otimização
- Redução de Impactos ambientais
- Qualidade garantida do aterro

Resultados do estudo:

- Economia de 6,65% no uso de agregado reciclado em comparação à material de empréstimo
- Reaproveitamento "in natura" é 72,13% mais barato, mas a reciclagem oferece maior qualidade
- Contribuição significativa para a sustentabilidade ambiental e economia circular

Recomendações para o futuro:

- Aprofundamento dos modelos de reciclagem e beneficiamento do solo
- Monitoramento do comportamento de valas aterradas com material reciclável

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Leandro Reis. **Boas práticas para obras de reaterro de valas e recomposição de pavimentos**. 2016. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7182: Solo - Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

BOTELHO, M. H. C. (1998). **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2º ed. Edgard Blucher, São Paulo.

LOPES, Humberto Naberezny. **Recomposição da pavimentação das vias urbanas de São Paulo em decorrência da abertura de valas no pavimento.** 2006. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras**: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. 3. ed. São Paulo: Pini, 2019.

VEDRONI, JOSÉ WILSON. Estudo de caso sobre a utilização do RCD (resíduos de construção e demolição) em reaterros de valas nos pavimentos de Piracicaba SP. **Dissertação (Mestrado)**, v. 27, 2007.

WASTE & RESOURCES ACTION PROGRAMME (Inglaterra). **Recycled and stabilised materials in trench reinstatement**. 2007. Disponível em: <www.wrap.org.uk>. Acesso em: 19 nov. 2022.

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



OBRIGADA

Ysadora Ignacio
ysadora.ignacio@aguasdejoinville.com.br
(47) 9 9252-8320

35ETC-06632
ANÁLISE DE CUSTOS DA RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO DO MATERIAL PROVENIENTE DAS OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA REDE DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp