

Electricity generation with pyrolysis of health care wastes in Lages-SC

W. G. Buratto, PPGSSM/IFSC, R. N. Muniz, PPGEE/UFPA, J. Amarante, PPGAS/UNIPLAC, F. L. Ribeiro, Engenheiro Eletricista, E. Esmério, Engenheiro Eletricista, V. J. Costa, UNIPLAC, A. E. Siegloch, PPGAS/UNIPLAC

Abstract-- The present study had as objective to carry out the quantitative survey of the residues in the municipality of Lages-SC, and to evaluate the economic viability of slow pyrolysis with rotary drum in the municipality to generate electricity, since the health services wastes are now transported to the West of the State and after the sterilization of these in autoclave, is available in Class I and II landfills. By means of an economic analysis, it was verified that there is the impossibility due to the costs of the Group A residue being very low, reducing the time of return of the investment of the pyrolysis unit, in which it would take 25 years for the recovery, making it unfeasible due to the Long-term return to investors. It is analyzed that with the treatment capacity of 2 tons/day which would generate 50 kW_e, and is similar to the production of the municipality, it would be necessary to raise the waste treatment price to twice the current price, which is 0,83R\$/liter and would have to be 1.86R\$/liter to occur viability in 2 years.

Index Terms-- Health service wastes (HSW), Economic Analysis, slow pyrolysis, Electricity, Lages.

I. NOMENCLATURA

ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. CDR – Combustível Derivado de Resíduo. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. RSI – Resíduos Sólidos Industriais. RSS – Resíduos de Serviços de Saúde. TIR – Taxa Interna de Retorno. TJLP – Taxa de Juros a Longo Prazo. UFF – Universidade Federal Fluminense. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. VPL – Valor Presente Líquido.

Este trabalho foi apoiado em parte pelo CNPq através de seu Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica Industrial.

W. G. Buratto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu em Mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil (williamburatto@gmail.com).

R. N. Muniz, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil (rafael.n.muniz@ieee.org).

J. Amarante, Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde da Universidade do Planalto Catarinense, Lages, SC, Brasil (jusamarante@gmail.com).

F. L. Ribeiro, Engenheiro Eletricista, Lages, SC, Brasil (ribeirofelipe241@gmail.com).

E. Esmério, Engenheiro Eletricista, Lages, SC, Brasil (eduardo.esmerio@ifsc.edu.br).

V. J. Costa, Professor Doutor da Universidade do Planalto Catarinense, Lages, SC, Brasil (profvaldeci@uniplaclages.edu.br).

A. E. Siegloch, Professora Doutora no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde da Universidade do Planalto Catarinense, Lages, SC, Brasil (asiegloch@gmail.com).

II. INTRODUÇÃO

Devido ao grande potencial infeccioso, os resíduos de serviço de saúde possuem difícil tratamento, demandando maiores custos, sendo que as soluções são onerosas e de difícil acesso para diversos hospitais da região do Planalto Catarinenses.

Tratamentos térmicos como a incineração e plasma tem a capacidade de redução mássica de 90% nos resíduos. No entanto, possuem características tecnológicas que oferecem desvantagens como o custo inicial alto, manutenção e operação onerosas realizada por mão de obra altamente especializada que dificultam a viabilidade de implantação [1].

A pirólise lenta a tambor rotativo opera com temperaturas variando de 400°C a 850°C, onde os resíduos são dispostos em um tambor que gira lentamente movimentando estes de uma extremidade a outra, possuindo aquecimento externo ao tambor, evitando assim a presença de oxigênio livre dentro do reator.

Neste sentido, o presente estudo foi feito para a tecnologia de pirólise lenta a tambor rotativo, úmida e catalisada, com aplicação para o tratamento de resíduos de serviço de saúde.

III. CARACTERÍSTICAS DA PIRÓLISE LENTA PARA RSS

Na entrada do reator de pirólise lenta a tambor rotativo, os resíduos devem ter granulometria até a ordem de 50 mm o que garante a flexibilidade no tratamento de uma grande variedade de resíduos, ocorrendo a transformação destes em gás de síntese que posteriormente é purificado para que possa ser utilizado em grupos geradores para geração de eletricidade. Esta limpeza promove ganho na eficiência elétrica e redução na emissão de poluentes [2].

A primeira reação que ocorre no processo desta tecnologia é os sólidos dispostos no tambor serem transformados em hidrocarbonetos de cadeias menores, líquidos e gases, devido á umidade presente nos resíduos que terá a sua mudança de estado, em vapor da água, que é utilizado como reagente para promover a transformação de alcatrão e carvão em hidrogênio e monóxido de carbono, os quais são compostos presentes no gás de síntese [3].

A composição do gás de síntese decorre do processo que é realizado e dos parâmetros que foram utilizados, no entanto este composto é uma mistura de gases que são o hidrogênio, hidrocarbonetos leves (metano, etano e propano), monóxido de carbono, nitrogênio e oxigênio. Este tratamento produz de

85 a 90% de gás de síntese e de 10 a 15% de biochar, sendo que estes dois produtos da pirólise lenta apresentam cunho econômico, tendo como produção de eletricidade e fertilizante biológico as suas principais aplicações [3].

O biochar também denominado biocarvão tem sido pesquisado e tendo confirmado os benefícios no solo como, aumento da capacidade de troca catiônica promovendo melhoria na fertilidade do solo, além de aumentar a retenção de água e reduzir a lixiviação de nitrogênio em águas subterrâneas sendo uma alternativa propícia para correções no solo [4].

Consistindo em uma tecnologia nacionalizada, existe uma unidade em operação na cidade de Paulínia, próximo da Universidade Estadual de Campinas, consistindo em um processo termoquímico que ocorre em um reator girante, para que haja a circulação destes resíduos, transformando-os em gás de síntese, o qual pode ser utilizado como combustível para grupos geradores produzirem eletricidade devido à sua purificação por processo de lavagem de gases [5].

A. Tratamento de RSS no Brasil

De acordo com a ABRELPE e IBGE foram coletados aproximadamente 264.481 toneladas de RSS no ano de 2014, tendo um crescimento de 5% em relação a 2013, sendo que dos 5.570 municípios do Brasil, 4256 destes prestaram serviços de manejo de RSS em 2014. A Região Sul foi responsável pela coleta de 14.182 toneladas em 2014, sendo que Santa Catarina contribuiu com 5.820 toneladas, maior volume de todos os estados da região. O destino final dos RSS em Santa Catarina é principalmente a autoclave e a incineração, sendo que não há unidades de tratamento por micro-ondas no estado [6].

Apesar do tratamento por autoclave possuir uma alta eficiência e ser de simples operação, não ocorre a redução do volume de resíduos e estes também devem ter como disposição os aterros sanitários, ocasionando custos de tratamento e transporte, podendo na operação serem gerados maus odores e aerossóis. Também apresenta como desvantagem a não descaracterização do resíduo e os materiais perfuro cortantes continuarem com as características originais. A incineração possui a vantagem de reduzir de 80 à 95% os resíduos de serviço de saúde, promovendo a descaracterização completa destes. No entanto, apresenta elevado custo de implementação e operação, podendo ser emitidos substâncias tóxicas para a atmosfera como as dioxinas e furanos [7].

A pirólise tem as vantagens ambientais que são a degradação térmica em atmosfera com menor nível estequiométrico de oxigênio, assim minimiza as emissões de dioxinas e furanos, promove a redução de volume e descaracterização do resíduo, garantindo melhor desempenho ambiental em comparação a outras tecnologias [8].

Esta tecnologia foi avaliada pela UFRJ e UFF, sendo considerada a melhor alternativa tecnológica para tratamento de resíduos devido às características do resíduo do país que possuem alta umidade, baixo poder calorífico e heterogeneidade [3].

A realização do levantamento quantitativo dos resíduos de serviço de saúde estima a produção atual, podendo também ser estimada a geração futura para avaliar a capacidade adequada e viabilidade de implantação de unidade de tratamento de RSS de acordo com a vida útil do equipamento.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Lages localizado na região do Planalto Catarinense, consistindo em uma pesquisa quantitativa de RSS nas instituições de saúde de modo a realizar uma pesquisa exploratória, sendo realizada a coleta de dados por questionários estruturados de modo a permitir a quantificação e também caso possível a avaliação de acordo com a classificação de RSS regulamentada pela ANVISA.

A pesquisa teve como participantes, as instituições de saúde com maior representatividade no atendimento e geração de resíduos do Planalto Catarinense e empresas responsáveis pela gestão dos resíduos de serviços de saúde de órgãos públicos e privados, sendo realizado o levantamento quantitativo a partir de questionários e análise dos planos de gerenciamento de resíduos.

Os dados coletados foram organizados de modo a produzir a partir destes, tabelas e gráficos, os quais são importantes recursos para os resultados, discussões e conclusões do presente estudo. Com os dados obtidos foi realizada a análise financeira da planta de pirólise por meio de cálculos de demanda e variáveis financeiras, foram obtidos a TIR, o VPL e o *Payback* (retorno de investimento).

A avaliação financeira deve considerar o desembolso efetivo das instituições de saúde para o transporte e tratamentos atuais, comparando o custo estimado para implementação e operação de um sistema de pirólise lenta a tambor rotativo, analisando se esta tecnologia é viável financeiramente e ambientalmente [9]. A análise financeira apresenta indicadores que medem o quanto é atrativo o projeto para o empreendedor, suas condições de sustentabilidade e solvência. Os seguintes indicadores foram utilizados nesse estudo, com base em [10,11,12]:

- Valor Presente Líquido (VPL): é definido como a diferença entre o valor presente de fluxo de caixa esperado de um projeto e seu custo inicial. Para valores de VPL positivo, o projeto é viável, enquanto que um valor negativo mostra que o investimento não é justificável;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): esse parâmetro é obtido quando o VPL é igualado a zero, estando assim estritamente relacionado. Para comprovar a viabilidade do projeto, além do VPL ser superior a zero, a TIR deve ser maior que a taxa de desconto considerada;
- Tempo de Retorno do Capital (*Payback*): refere-se ao tempo decorrido entre o investimento inicial no momento que o lucro líquido se iguala ao valor do investimento. Sendo assim, o investimento com menor *payback* é considerado a melhor opção, pois o valor investido é recuperado em um prazo menor. Também

um payback menor é visto como um menor risco, pois quanto mais longo o tempo de retorno mais incertos são os retornos positivos de caixa.

Para o cálculo dos indicadores financeiros apresentados (VPL, TIR e *Payback*) foram utilizados [10,12], através das equações (1) e (2):

$$VPL(i_m) = -I + \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1+i_m)^t} \quad (1)$$

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1+TIR)^t} \quad (2)$$

Onde temos VPL = Valor Presente Líquido; I = Investimento ou capital aplicado; R_t = Fluxo de receitas do projeto no ano t; C_t = Fluxo de custo do projeto no ano t; n = número de anos do projeto; i_m = Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP).

Para análise do VPL, será utilizado uma TJLP que vale em média 12% ao ano, podendo ser utilizada como referência para esse tipo de análise [12]. Temos, através dos resultados da Equação (1), os custos de oportunidade sobre o capital investido no projeto. Obtendo um $VPL > 0$, o projeto é considerado economicamente viável, pois as receitas foram maiores que as despesas.

A TIR avalia a viabilidade econômica do projeto, que pode ser calculada através da Equação (2) considerando $VPL=0$. Com uma TIR superior à taxa de juros que reflete o custo de oportunidade do capital, temos que o empreendimento é considerado viável [10,12].

No estudo realizado, adotou-se uma taxa de juros de 12% ao ano e um período de vida útil dos equipamentos de 25 anos. A taxa de juros adotada foi considerada como taxa mínima de atratividade (i_m), sendo essa taxa referente ao custo de oportunidade do investimento no projeto. O cálculo do *payback* simples foi obtido pela Equação (2), considerando o VPL igual a zero e calculando-se ano a ano o valor retornado pelo sistema, somando-se os valores obtidos no final.

A unidade de pirólise avaliada no presente estudo possui capacidade de geração elétrica de 50 kWe podendo tratar 2 toneladas/dia de resíduos de alta contaminação ambiental como os resíduos de serviços de saúde e resíduos industriais de classe I, classificados como perigosos por apresentarem risco à saúde pública e meio ambiente.

O consumo interno da unidade é de aproximadamente 20 kWe, considerando o consumo do triturador de resíduos e do reator de pirólise, sendo que o cálculo de viabilidade utiliza os 30 kWe de potência líquida, o qual pode ser exportado para a rede elétrica, sendo entregue à concessionária através de um contrato de micro geração de eletricidade.

Foi avaliada a análise de sensibilidade de quatro diferentes cenários, os quais se fundamentaram a partir do custo de tratamento referência, utilizando os preços de disposição e tratamento descritos nos questionários, calculados os parâmetros TIR, VPL e *payback* do acionista e projeto com a finalidade

de avaliar financeiramente o projeto de uma unidade de pirólise lenta a tambor rotativo.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio dos dados quantitativos, permitiu-se avaliar que as instituições de saúde do município que foram entrevistadas as quais são hospitais de grande porte e instituição de ensino geram o volume suficiente para operar a unidade de pirólise que possui porte para tratamento de 2 toneladas diárias. Na Tabela I temos os volumes semanais de resíduos dos estabelecimentos consultados.

TABELA I
VOLUME SEMANAL DE RESÍDUOS

Hospitais	Grupo A (litros/semana)	Grupo E (litros/semana)	Grupo B (kg/semana)
Hospital 1	600	90	20
Hospital 2	1150	80	74.18
Hospital 3	10300	556	45
Hospital 4	400	30	7.5

Os resíduos de grupo A e E consistem em material biológico e perfuro cortantes respectivamente, estes são os que apresentam o volume de maior representatividade, sendo que após o tratamento em uma autoclave com capacidade de esterilização de 4,4 m³ de resíduo por ciclo equivalente a 50 minutos, para posteriormente serem dispostos em aterro de classe II.

Para realizar o tratamento dos resíduos do grupo B, são utilizadas diferentes tecnologias, as quais correspondem a incineração, neutralização ou blindagem de acordo com a característica química do resíduo. Devido a esta complexidade de tratamento do resíduo grupo B, o custo de coleta é mais elevado em comparação aos resíduos do Grupo A e E, situando em média de 5,50 R\$/kg para as instituições de saúde.

TABELA II
ANÁLISE DA RECEITA TOTAL DA USINA DE PIRÓLISE

Preço médio dos componentes da receita				
	Refer.	Cenário1	Cenário2	Cenário3
Tratabilidade (R\$/tonelada)	830	1750	2000	2500
Energ. Elétrica (R\$/MWh)	500	500	500	500
Receita Bruta Anual (R\$/ano)				
	Refer.	Cenário1	Cenário2	Cenário3
Tratabilidade	490.779	1.034.775	1.182.600	1.478.250
Energ. Elétrica	118.260	118.260	118.260	118.260
Receita Total	609.039	1.153.035	1.300.860	1.596.510

A viabilidade econômica do presente estudo apresentou os parâmetros financeiros negativos para a taxa cobrada atual, a qual é de 0,83 R\$/litro em média para resíduos do Grupo A e E, os quais são resíduos biológicos e perfuro cortantes. Na Tabela II é avaliada a receita total de uma unidade de pirólise

para 4 cenários distintos, considerando o caso de referência em comparação com outros 3 cenários.

A Tabela III é referente à análise de sensibilidade do acionista e do projeto. Acionistas são os investidores que disponibilizarão recursos financeiros, com taxa mínima de atratividade determinada de 12%. Projeto é quando se utiliza recurso próprio, com taxa mínima de atratividade de 10%.

TABELA III
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O ACIONISTA E PROJETO

ACIONISTA				
Parâmetros	Refer.	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VPL 12% (R\$)	1.055.386	1.279.552	434.071	1.258.816
TIR (% aa)	-3,43	-6,74	5,45	34,02
Payback (anos)	25	25	19,04	2,02
PROJETO				
VPL 10% (R\$)	429.708	618.213	197.434	1.828.728
TIR (% aa)	7,3	6	11,1	19,6
Payback (anos)	7	7	7	4,82

Por meio da análise de sensibilidade avaliou-se que se houvesse aumento das taxas para 2 R\$/litro ocorreria a viabilidade econômica favorável da unidade de pirólise, entretanto a inflação do preço deste tratamento elevaria consideravelmente os custos para cada hospital visto que estes geram milhares de quilos por semana.

A Tabela III identificou que com o valor referente aos custos de referência, a análise financeira apresentou caráter negativo com uma TIR negativa de 3,43% ao ano, apresentando um tempo de retorno de investimento de 25 anos o qual é equivalente a vida útil do equipamento, desse modo o projeto torna-se inviável.

No cenário 3, no qual foi considerado o custo de tratamento de 2500 R\$/tonelada houve um tempo de retorno de investimento com prazo curto o qual seria viável financeiramente a empresas privadas e públicas.

Portanto, mediante a análise de sensibilidade avaliou-se que se houvesse o aumento das taxas para 2000 R\$/tonelada, conforme verificado na tabela 1, ocorreria a viabilidade econômica favorável da unidade de pirólise, visto que a TIR elevou e o *payback* foi reduzido, entretanto a inflação do preço deste tratamento elevaria consideravelmente os custos para cada hospital visto que estes geram milhares de quilos por semana.

Comparando com [13], verifica-se que a tecnologia de pirólise lenta apresenta viabilidade financeira quando consumida no próprio local, podendo suprir a demanda de geradores em horários de pico que são quando o custo da eletricidade se torna mais elevado. A compensação elétrica gerada é apenas um dos benefícios, visto que há a redução de custos considerável com os custos de transporte devido ao menor volume gerado e consequentemente eleva o aumento de vida útil dos aterros de classe I e II.

VI. CONCLUSÃO

O volume total de resíduos produzidos no município é suficiente para a geração elétrica de uma planta de pirólise, entretanto o custo de tratamento destes é inferior ao necessário para a viabilidade de uma planta de pirólise.

Verifica-se que há a necessidade de avaliação de municípios próximos e o custo de tratamento e disposição destes, visto que a menor quantidade de resíduos consequentemente eleva o preço da tarifa de tratamento e disposição devido ao frete de menor quantidade de resíduos e distancia para coletar mínima quantidade semanal ou mensal.

Desse modo pode-se avaliar em trabalhos futuros, o custo para municípios próximos e realizar um consórcio intermunicipal, caso haja uma diferença abrupta de tarifas de tratamento e disposição para estes. Os resíduos sólidos comuns também podem contribuir com a garantia de fornecimento de resíduos para a unidade de pirólise. Foi verificado no presente estudo que a maioria dos resíduos pertence ao grupo A, e estes apresentam alta umidade, devido á esta característica, o tratamento por pirólise consiste na tecnologia que possui maior adaptabilidade e eficiência. Se houver a mistura de RSS com CDR ou RSI Classe I, a pirólise apresenta eficiência termodinâmica alta e contribuiria com a maior sustentabilidade do processo, visto que geraria menor volume de compostos poluentes.

VII. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Iniciação Tecnológica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro e também a todos os entrevistados por contribuírem com o estudo.

VIII. REFERÊNCIAS

- [1] G. C. B. Melo, A. T. Filho, M. E. Borges, P. A. Bicalho, VALENTE, V. B. Valente, "Avaliação de desempenho de um reator de pirólise no tratamento de uma amostra simulada de resíduos sólidos de serviços de saúde", *IX Seminário Nacional de Resíduos Sólidos*. Associação brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Palmas, 2008.
- [2] CONTI, L. La pirolisi: il processo, I punti di forza, le opportunità. Cagliari, Itália: Università degli Studi di Sassari, 2009.
- [3] CHAMON, R. C.; CARDOSO, R.; BARROS, C. F. Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos - Introduzindo uma nova tecnologia para o cenário brasileiro: Pirólise Lenta a Tambor Rotativo. *Congresso Fluminense de Engenharia, Tecnologia e Meio Ambiente*. Niterói: UFF, 2013.
- [4] C. M. B. F. Maia, B. E. Madari, E. Novotny, "Advances in Biochar Research in Brazil". *Dynamic Soil, Dynamic Plant 5 (Special Issue 1)*, 53-58, 2011.
- [5] R. N. Muniz, "Desafios e Oportunidades para o Acesso Universal à Energia Elétrica na Amazônia". Dissertação de Mestrado. Belém: Universidade Federal do Pará, 2015.
- [6] ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2014*. 2015. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em: 10 junho 2017.
- [7] Ministério da Saúde, Secretaria Executiva, Projeto Reforço à Reorganização do Sistema Único de Saúde. *Resíduos de serviços de saúde – Prevenção e controle*. Brasília: Ministério da Saúde, 120p, 2001.
- [8] L. Zajec, "Slow pyrolysis in a rotary kiln reactor: Optimization and experiment". Dissertação de Mestrado. Akureyri: University of Iceland & the University of Akureyri, 2009.
- [9] J. C. Novi, S. V. W. B. Oliveira, A. P. S. Junior, C. A. G. Bonacim, M. M. B. Oliveira, "Avaliação legal, ambiental e econômica da implantação

de sistema próprio de tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde para geração de energia em hospital-escola do Estado de São Paulo". *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 27, p. 193-209, jan./jun. 2013.

- [10] C. Buarque, "Avaliação Econômica de Projetos". 13.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1984.
- [11] A. L. Bruni, "Avaliação de Investimentos". São Paulo: Atlas, 2008.
- [12] A. C. Santana, "Elementos de Economia, Agronegócio e Desenvolvimento Local". Belém: UFRA, 2005.
- [13] C. A. N. Cosenza, V. Rodrigues, C.F. Barros, F. Krykhtinef, L. E. S. Fortes, "Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Produção de Energia: Análise de Legislação para Viabilidade Econômica de Soluções Conjuntas". *XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende*, RJ: FIRJAN, 2014.

IX. BIOGRAFIAS



William Gouvêa Buratto nasceu em Ivaiporã-PR, em 04 de março de 1992. Graduiu-se em engenharia elétrica na Universidade do Planalto Catarinense. Tem um projeto de pesquisa apoiado pelo CNPQ em 2016 com o Título de "Viabilidade econômica da técnica de pirólise lenta com rotatório para o tratamento de resíduos de saúde com tambor de geração de eletricidade no Planalto de Santa Catarina" no grupo de pesquisa de meio ambiente e saúde com orientação do Dra. Ana Emilia Siegloch.



Rafael Ninno Muniz nasceu em Londrina, Estado do Paraná. Possui Graduação e Mestrado em Engenharia Elétrica e atualmente é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA), na área de planejamento energético e fontes renováveis de energia. Desenvolve pesquisas em parceria com o Núcleo de Altos Estudos da Amazônia (NAEA/UFPA) e Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM). Atua nas áreas de meio

ambiente, energia e resíduos, aproveitamento energético de resíduos e saneamento ambiental.



Juliana Aparecida Souza Amarante possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Planalto Catarinense (2005) e mestrado em Ambiente e Saúde pela Universidade do Planalto Catarinense (2015). Atualmente é técnico administrativo nível superior da Universidade do Planalto Catarinense, Responsável pelo Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - Uniplac desde 2010. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase

em Gestão Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: resíduos, saúde e educação continuada



Felipe Laurindo Ribeiro nasceu na cidade de Lages-SC em 02 de julho de 1992. Formou-se no ensino médio no SENAI/SC. Em 2016, formou-se em engenharia elétrica na Universidade do Planalto Catarinense. Sua experiência de trabalho inclui designer na área de energia elétrica na Coisarada Electricity Company e projetos de distribuição elétrica

para CELESC.



Eduardo Esmério da Silva nasceu em Lages, Santa Catarina, Brasil, em 22 de fevereiro de 1992. Graduated em Técnico em Automação Industrial pelo SENAI em 2009. Em 2016, graduou-se em Engenharia Elétrica na UNIPLAC. Sua experiência de emprego é no laboratório elétrico-mecânico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC e professor de eletricidade de baixa tensão

residencial e construída em PRONATEC.



Valdeci José Costa nasceu em Lages-SC, Brasil, em 26 de setembro de 1964. Graduado em Física pela Universidade Regional Noroeste do Rio Grande do Sul em 1988, mestrado em matemática pela Universidade Regional do Rio Grande do Sul, Noroeste (1998) e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002) com ênfase na área de simulação numérica. Atualmente é professor na Universidade Estadual de Santa Catarina e professor da Universidade de Santa Catarina. Possui experiência na área de Matemática, com ênfase em Modelos Matemáticos para combustão, energia e sistemas dinâmicos, atuando sobre os seguintes temas: modelagem matemática, combustão, energia de biomassa, sistemas ambientais e análise numérica.



Ana Emilia Siegloch possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2004), mestrado e doutorado em Entomologia pela Universidade de São Paulo - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (2006 e 2010, respectivamente) e pós-doutorado em Ecologia pela Universidade Federal de Santa Catarina com bolsa oriunda do CNPq/CTHidro entre 2010 e 2011 e pós-doutorado no mesmo programa e instituição com

bolsa oriunda do Programa Nacional de Pós-Doutorado - PNPd/ CAPES entre 2011 e 2012. Atualmente é docente da Universidade do Planalto Catarinense - UNIPLAC. Faz parte do Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde.