SENAI CETIQT

SENAI
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
PELO FUTURO DO TRABALHO

ISSN 2179-1619

REDIGE

Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica

Jun./Jul./Ago./Set.

V. 10, nº. 10, 2023



ZERO WASTE:
Método de modelagem com estampa de engenharia.

UM ESTUDO EXPERIMENTAL:
Influência da mistura na alimentação dos passadores na regularidade da fita do passador de 3ª passagem.

Geração de hidrogênio

em catalisadores $Ni/CeO_2/Al_2O_3$ a partir da oxidação parcial do propano

SUMÁRIO



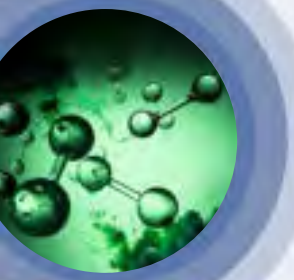
04

Um estudo experimental: Influência da mistura na alimentação dos passadores reguladores na regularidade da fita do passador de 3ª passagem.



22

***Zero Waste*:** Método de modelagem com estampa de engenharia.



65

Geração de hidrogênio em catalisadores $Ni/CeO_2/Al_2O_3$ a partir da oxidação parcial do propano.



Um estudo experimental: Influência da mistura na alimentação dos passadores na regularidade da fita do passador de 3ª passagem.



INFLUÊNCIA DA MISTURA NA ALIMENTAÇÃO DOS PASSADORES NA REGULARIDADE DA FITA DO PASSADOR DE 3ª PASSAGEM: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

INFLUENCE OF THE DRAWING FEED MIXTURE ON THE 3RD DRAWING FRAME SLIVER REGULARITY: AN EXPERIMENTAL STUDY

Augusto Ferreira de Almeia Júnior
Engenheiro Industrial Têxtil, Instrutor do Curso Técnico Têxtil EAD, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, SENAI/RJ/CETIQT. afalmeida@cetiqt.senai.br

Jéssica Gonçalves
Engenheira Química, Instrutora do Curso Técnico Têxtil EAD, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, SENAI/RJ/CETIQT. jgoncalves@cetiqt.senai.br

Marcelo Eiti Banja
Engenheiro Têxtil e Industrial, Instrutor do Curso Técnico Têxtil EAD, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, SENAI/RJ/CETIQT. mbanja@cetiqt.senai.br

Alan Schmid
Curso Técnico Têxtil EAD, SENAI PA. alan.schmid@ctc.com.br

Douglas Luiz Flor
Curso Técnico Têxtil EAD, SENAI PA. douglas.flor@ctc.com.br

Marcio Sales
Curso Técnico Têxtil EAD, SENAI PA. marcio.sales@ctc.com.br

Maria Zuleide
Curso Técnico Têxtil EAD, SENAI PA. maria.zuleide@ctc.com.br

Reimisson Lopes
Curso Técnico Têxtil EAD, SENAI PA. reimisson.lopes@ctc.com.br

Walter Junior
Curso Técnico Têxtil EAD, SENAI PA. walter.junior@ctc.com.br

RESUMO

Dentro da cadeia produtiva têxtil, o setor de fiação corresponde à fase que transforma as massas de fibras em fios através de processos de abertura, limpeza, estiragem e torção. O passador, nesse contexto, torna-se uma máquina importante por ser responsável pela homogeneização da mistura do material vindo do setor de abertura. Para melhorar a homogeneização do material produzido, uma vez que o processo no setor dos passadores é composto por 3 etapas e não se tinha a certeza da mistura dos produtos de saída do 1º passador em diante, desenvolveu-se uma organização nas latas de saída dos passadores de 1ª e 2ª passagem com fitas coloridas para cada

máquina, de forma que houvesse uma otimização da mistura do material de saída dos passadores. O ensaio de titulação da fita do passador de 3ª passagem foi realizado na meadeira e balança analítica presentes na fábrica em estudo e os resultados obtidos mostraram que a implementação da organização trouxe uma melhora efetiva no material, tornando possível a implementação real do método proposto na produção.

Palavras-chave: passador; melhoria do processo; homogeneização; gestão organizacional; fiação têxtil; ensaios têxteis.

ABSTRACT

Within the textile production chain, spinning corresponds to the phase that transforms the fiber masses into threads through processes of opening, cleaning, drawing and twisting. The draw frame, in this context, becomes an important machine for being responsible for homogenizing the mixture of the material coming from the blowing room. Since the process in the section of the passers consists of 3 stages and there was no certainty about mixing the output products from the 1st draw frame onwards, to improve the homogenization of the material produced, an organization was developed in the output cans of the draw frames. 1st and 2nd stages with colored ribbons on cans for each machine so that there was an optimization of the mix of the material coming out of the machines. The count test of the 3rd stage draw machine sliver was carried out in the meander and analytical balance present in the factory under study and the results obtained showed that the implementation of the organization brought an effective improvement in the material, making possible the real implementation of the proposed method in the production.

Keywords: draw frame; process improvement; homogenization; organizational management; spinning; textile tests.

Data de submissão: 20/12/2023
Data de aprovação: 08/10/2023

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil, segundo o SEBRAE e IPT (2001), é constituída por processos de fiação, tecelagem (tecido plano ou de malha) e acabamento, tendo como objetivo a transformação de fibras em fios, de fios em tecidos e de tecidos em peças de vestuário, artigos têxteis para o lar, embalagens alimentícias e uso doméstico (roupa de cama e mesa, tapetes, cortinas etc.).

De acordo com Gorini e Siqueira (2002), a etapa de fiação é uma das mais importantes de todo o setor têxtil, uma vez que define as características dos fios, que poderão impactar positiva ou negativamente na qualidade dos tecidos e malhas que serão produzidos.

No processo de fiação da juta, destaca-se o processo de preparação da fita para transformação do fio, que é chamado de passador. Esse processo consiste em aprimorar a regularidade de massa da fibra de juta na fita, parâmetro que terá grande influência em algumas características

do fio e na produtividade dos filatórios, que são as máquinas do final do processo, cujo material de saída é o fio.

Na busca de melhoria contínua no processo de fiação, a qualidade do produto final pode ser atingida em um nível superior quando trata-se com o devido cuidado a etapa do passador, principalmente em relação à mistura dos materiais na entrada das máquinas.

Tal afirmação é sustentada por Lopo e Lanzer (2017), que mostram o passador como um maquinário de suma importância no processo. Tem como objetivos eliminar ganchos, quando utilizado em processos de fiação de fibras curtas (algodão) e aumentar a paralelização e homogeneização do material por meio da dublagem, ou duplicação, que consiste na entrada de materiais de máquinas diferentes, resultando em um único produto na saída.

há a possibilidade de surgiu à ideia de aprimoramento organizacional da alimentação das latas dos passadores, visando à maximização da homogeneização das fitas e regularidade do fio, desta etapa fundamental no processo fabril têxtil.

Tendo como motivação esse tema, o presente estudo procura investigar se a distribuição da alimentação das latas por cores no passador pode influenciar diretamente na qualidade da fita que sai na terceira passagem, diminuindo a curva de variação de imperfeições e de titulação.

O objetivo é implantar e analisar um novo método de sistema de alimentação dos passadores, por organização das latas por padrão de cores nos passadores de 1ª e 2ª passagem, tendo como foco a organização da alimentação do passador, distribuindo as latas de fita por cores, assim como a análise dos resultados obtidos, comparando os efeitos do novo método com o atual e apontando possíveis melhorias no processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fibras de Juta e Malva

As fibras naturais são retiradas da natureza, podendo ser de origem vegetal, animal e mineral. São exemplos de fibras naturais o algodão, seda, linho, lã, juta, sisal, rani, malva, entre outros. As fibras naturais de origem animal podem se originar da secreção glandular de alguns insetos, como é o caso da seda.

Já as fibras vegetais “são estruturas alongadas de secção transversal arredondada, que podem ser classificadas de acordo com sua origem em: fibras de semente, fibras do caule, fibras de folhas e fibras do fruto” (Fribrenamics, 2020).

As fibras de malva e juta são extraídas do caule de "plantas duras", assim como o linho, o cânhamo etc. Trata-se de plantas herbáceas anuais, ou seja, alcançam a maturidade no decorrer de um ano, produzindo sementes para os demais períodos de cultivo, exigindo, porém, calor e umidade para um bom desenvolvimento. Essas plantas possuem um caule reto com circunferência de cerca de 3,8 cm e altura variando entre 1,5 e 3 metros.

A fibra de juta apresenta, geralmente, um brilho sedoso e, quando comparada ao linho, é mais quebradiça, o que a impede de transformar-se em fios finos, já que os feixes não se separam tão bem no sentido longitudinal. Elas apresentam um fino "brilho" sedoso, um toque grosseiro e áspero, embora as melhores qualidades sejam suaves e macias.

A juta não é tão resistente nem tão durável quanto o linho, o cânhamo ou o rami. As fibras não se alongam dentro de uma extensão apreciável. Apresentam baixa resiliência, semelhante à do linho, ou seja, tem péssima recuperação à dobra, compressão ou amarrotamento. Deterioram-se rapidamente com umidade, tornando-se quebradiças, fracas e escuras. Tem menor resistência que o linho ou o algodão à ação de microrganismos.

Após o corte, a malva e juta são amarradas em feixes e afogadas em rios e ou igarapés para o amolecimento das fibras do talo. Após esse processo, as fibras são recolhidas e estendidas em varais para secarem e ser classificadas.

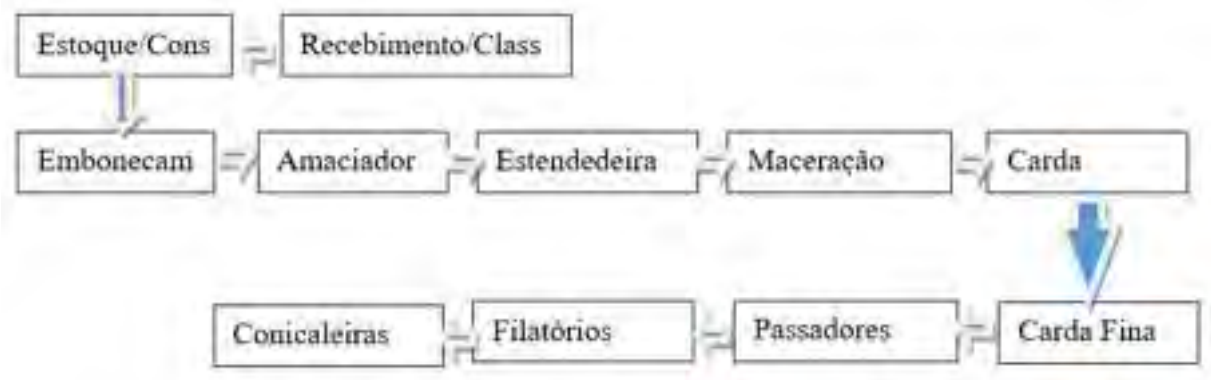
2.2 Fluxograma do processo produtivo da fiação de fibra de juta

Na figura 1 abaixo, demonstram-se os caminhos do processo produtivo da juta/malva. O entendimento de cada parte do método será aprofundado nos capítulos posteriores.

A técnica utilizada até o setor de carda grossa é específico do processamento para a fibra de juta por conta de suas características, que, devido à dureza de suas fibras, precisa passar por processos que melhoram tal aspecto.

Da carda fina em diante, o processo de fiação é semelhante ao convencional. Para entendimento do projeto, a explanação dos setores será realizada até o objeto de estudo, os passadores.

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo da fiação de fibra de juta



Fonte: Autores.

2.2.1 Matéria prima (recebimento/classificação)

No setor de matéria prima, as fibras de malva e juta são loteadas em fardos identificados com tipo, cor e data. Conforme a necessidade da produção, o responsável pela área (gestor de matéria prima) disponibiliza os fardos para a próxima etapa do processo.

2.2.2 Abertura (Estoque/Consumo/Embonecamento)

Nesta etapa, temos a abertura manual dos fardos, retirando os feixes da fibra com peso padrão determinado (1.100 g a 1.500 g), monitorados pelo controle de qualidade. Após a retirada desse feixe, a fibra é dobrada em formato de bonecas e colada em uma carreta transportadora, seguindo uma sequência de mistura de fibras diferentes (mix), determinado pela gestão do processo.

Após a carreta ser concluída, ela é identificada por etiquetas ou bandeiras com o tipo, operador e turno, para fins de monitoramento de qualidade, e levada para próxima etapa do processo.

2.2.3 Amaciador

A boneca é aberta e colocada manualmente em uma esteira, onde recebe uma quantidade de emulsão em torno de 55 °C através de uma tubulação com bicos pulverizadores. A emulsão é uma mistura de água, oleína de palma refinado a PN4 (tipo de especificação da refinaria) e um emulsificante quebrador de moléculas.

A fibra passa por vários cilindros helicoidais para quebrar as cascas e eliminar a sujeira. Em seguida, após a saída, as bonecas são refeitas, recolocadas nas carretas de transporte e identificadas novamente da mesma forma da abertura, para seguir para o próximo passo do processo.

2.2.4 Estendedeira

A boneca é reaberta e colocada manualmente em uma esteira de entrada, onde passa por pentes agulhados e recebe a primeira estiragem, transformando-se em fitas. Depois, essas fitas são conduzidas através de uma calha e recebem a mesma emulsão aplicada no setor dos Amaciadores, sendo desta vez em quantidade maior.

Neste ponto, as fitas são enroladas em um anel de aço sobre pressão, formando um rolo identificado e alocado na área pertencente à próxima etapa do processo, a Maceração.

2.2.5 Maceração

É o processo de fermentação da casca da fibra em contato com a emulsão de amaciamento, que se inicia a partir de 24 horas após sua impregnação. Seu ponto ideal se dá entre 72 e 120 horas, removendo as impurezas (água e casca) e deixando somente a parte fibrosa da matéria prima para seguir os processos subsequentes.

Os rolos são armazenados e organizados em fileiras de placas com informações sobre cor, quantidade de rolos e data e hora do início do processo de maceração. Esse processo é acompanhado diariamente pela equipe de Controle da Qualidade, que realiza o monitoramento da temperatura e da umidade durante todo o procedimento.

2.2.6 Carda Grossa

As cardas grossas são máquinas que têm como objetivo transformar o rolo macerado em rolos menores, mais soltos e finos. Nesta etapa, os rolos macerados passam pela primeira fase de algumas operações básicas da fiação, como a abertura e a limpeza, através do processo de cardagem e estiragem.

Este equipamento é alimentado por 6 rolos com o maior tempo possível de maceração. Através de uma esteira de alimentação, as fitas passam por cilindros agulhados, que têm a função de realizar a primeira cardagem do processo e, logo após a abertura, recebem uma estiragem e saem na forma de um véu.

Esse véu é condensado por meio de um condutor de calha e acaba formando uma fita, que é enrolada sobre pressão e gera um novo rolo, que é identificado e segue para a próxima fase.

2.2.7 Carda Fina

As cardas finas têm o objetivo de passar os rolos da carga grossa, cardando, estirando, limpando e os transformando em rolos mais limpos, paralelos, soltos e uniformes. Este equipamento é alimentado por 11 rolos de carda grossa de maior densidade na cardagem e com mais pares de cilindros agulhados, se comparada ao processo anterior.

2.2.8 Passador de primeira passagem

Nesta etapa do processo de fiação, o maquinário é alimentado por 20 rolos de Cardas Finas através de um alimentador acoplado à máquina. Aqui, a fita passa por pentes agulhados que a preparam para a transformação do seu fio. Entram dois rolos de carda fina e sai somente uma fita de passador, ocorrendo a duplicação no processo.

O método de duplicação acontece em todas as 3 passagens do processo de passadores. Segundo Fuziwara (2011), duplicar significa juntar duas ou mais fitas. A técnica provoca a compensação entre as rarefações e as concentrações de fibras nas fitas, dando uniformidade à fita de saída e continuidade ao processo de estiragem. Na operação de duplicação, pode haver a mistura de fitas de matérias primas diferentes.

A fita de saída é colocada em um pote (lata) e despejada através de um braço mecânico. É identificada e segue para a próxima etapa, como mostra a figura 2 abaixo. As latas de primeira passagem são identificadas pelo seu maior diâmetro (em torno de 18 polegadas) e recebem as fitas de maior gramatura (35g/m).

Figura 2 – Passador de primeira passagem



Fonte: Autores.

2.2.9 Passadores de Segunda Passagem

Tais máquinas são alimentadas pelas latas de fita do passador de primeira passagem para a realização de uma duplicação maior (quatro latas de fita de passador de primeira passagem, na entrada, produzem uma lata de passador de segunda passagem na saída), além da operação de estiragem. Por fim, são colocadas novamente em latas, socadas e identificadas para seguir para o próximo processo.

2.2.10 Passadores de Terceira Passagem

São alimentados pelas fitas dos passadores de segunda passagem através das latas, passam pelos pentes para receber a última paralelização, faz-se a última duplicação para homogeneizar completamente, recebendo a duplicação de quatro fitas por cada saída, recebe a estiragem e as fitas são colocadas em latas socadas. Dessa forma, a fita está pronta para alimentar os Filatórios.

2.2.11 Ensaios Têxtes

De acordo com SENAI (2018), os ensaios têxteis possuem o objetivo de controlar a qualidade dos processos de matérias-primas, insumos (produtos intermediários) e produtos (fios, linhas, tecidos e não tecidos), seguindo normas técnicas e procedimentos.

Os ensaios têxteis são práticas dotadas de um elevado grau de importância para a melhoria da qualidade na indústria têxtil, sendo aplicados não somente em teste de análises, mas também como base de pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos e serviços, além da fundamentação dos processos produtivos.

Dentre os vários ensaios laboratoriais que podem ser realizados em um substrato têxtil, há o ensaio de titulação, o qual se pode avaliar determinadas variações no processo.

2.2.12 Estatística Descritiva

Segundo Silva (2018), as medidas de tendência central são usadas para representar todos os números de uma lista, como a média das notas dos alunos representam todo o desempenho de um ano. Já as medidas de dispersão são aplicadas para determinar o grau de variação dos números de uma lista com relação à sua média. De certa forma, as medidas de dispersão - amplitude, desvio, variância e desvio padrão - analisam a distância dos números de um conjunto até a média desse conjunto.

Para a realização do presente estudo, utilizou-se o coeficiente de variação devido à necessidade de outros dados estatísticos, como a média e o desvio padrão, e para saber se o valor de média encontrado no estudo seria um parâmetro capaz de representar os dados obtidos (Guedes, 2005).

Ainda segundo Garcia (1989), o coeficiente de variação se faz necessário quando se deseja expressar, com exatidão e eficiência, os resultados experimentais. É evidenciado pela relação entre o valor do desvio padrão e a média dos dados obtidos. Quanto menor for o seu valor, em percentual, mostra-se o quanto eles são homogêneos e que a medida de tendência central média pode ser utilizada como medida descritiva representativa para a viável em análise (Guedes, 2005).

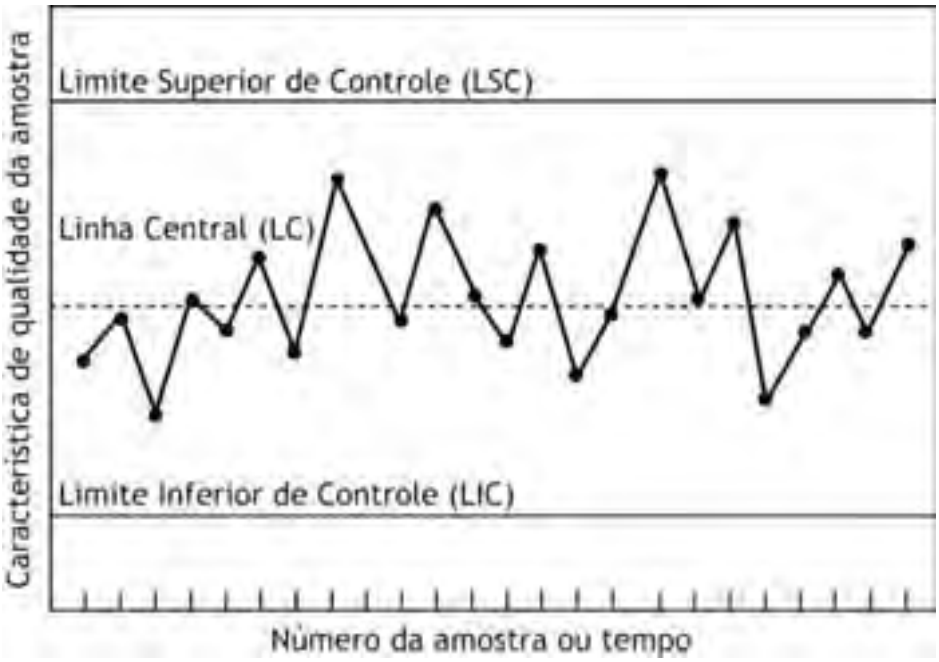
Essa é a estatística utilizada quando se deseja comparar a variação de conjuntos de observações que diferem na média ou são medidos em unidades de grandeza diferentes. O coeficiente de variação tem, portanto, aplicações na pesquisa para comparar a precisão de diferentes experimentos.

Entretanto, a qualificação de um coeficiente como alto ou baixo requer familiaridade com o material que é objeto de pesquisa. Quando um conjunto de dados é uniforme. Quanto mais próximo de 0 for o desvio padrão, mais homogêneo são os dados.

E, quando se tem em mente a análise de medidas de dispersão, quando avaliada a questão do controle da qualidade de processos de produtos, uma das ferramentas mais utilizadas é o gráfico de controle. Nomelini, Ferreira e Oliveira (2009) o citam como um dos principais instrumentos que compõem o Controle Estatístico de Processo (CEP), visto que é mais direcionado ao monitoramento de processos e auxilia na implementação da metodologia Seis Sigma (6δ) nas empresas e indústrias em geral.

O gráfico de controle é composto por três linhas retas e paralelas entre si, que ficam dispostas na seguinte formação: a linha central (LC) fica no meio; a linha que representa o limite inferior de controle (LIC) fica abaixo da LC; a linha que representa o limite superior de controle fica logo acima da LC. Essas duas últimas possuem, em relação à linha central, a distância de três desvios padrão da média ($\mu \pm 3\delta$), que, no caso, é representada pela LC (Henning et. al., 2014). A aparência do gráfico se mostra conforme a figura a seguir:

Figura 3 – Gráfico de controle



Retirado de: https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Martins-10/Figura-30-Grafico-de-controle-generico.png (2023).

Os trabalhos de Henning et. al. (2014) e Nomelini, Ferreira e Oliveira (2009) mostram que o sucesso de sua aplicação está diretamente ligado a dois fatores em relação aos dados: eles devem ser independentes e distribuídos de forma idêntica, respeitando a sequência temporal à que estão submetidos e, a priori, não demonstrando correlação entre outras variáveis, sendo essas pesquisadas somente após de haver uma medição que esteja fora dos limites de controle.

Porém, Jacobi, Souza e Pereira (2002) trazem a necessidade de se mostrar a implicação de outras variáveis no comportamento de determinada situação, uma vez que o mundo industrial está em franco desenvolvimento e o conhecimento e a implementação de ferramentas acompanham esse ritmo. Dessa forma, a correlação entre as variáveis resulta em um entendimento de que a qualidade depende do efeito comum dessas variáveis e não do efeito de cada uma separadamente.

3 MATERIAS E MÉTODOS

De acordo com Fonseca (2002), o estudo experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Neste trabalho, realizou-se um estudo comparativo da alimentação dos passadores de 2ª e 3ª passagem com e sem a identificação visual das latas e a sua influência nos parâmetros da qualidade das fitas produzidas no passador de 3ª passagem. A identificação das latas ocorreu da seguinte forma:

- A lata contendo o material de saída dos passadores de 1ª passagem foi feita com fitas adesivas de cores diferentes para cada máquina;
- A entrada dos passadores de 2ª passagem era formada por latas da saída de passadores de 1ª passagem diferentes;
- A entrada dos passadores de 3ª passagem era formada por latas da saída de passadores de 2ª passagem diferentes.

As especificações de quais latas deverão ser entregues para alimentar a entrada dos passadores de 2ª e 3ª passagem são colocadas na lateral dos mesmos. Em seguida, um passador de 2ª passagem recebe, na entrada, as latas dos passadores de primeira passagem cujas latas tiverem as cores branca, azul, vermelha e amarela. As latas de saída dessa máquina têm a fita na cor azul, conforme demonstra a figura 3 a seguir.

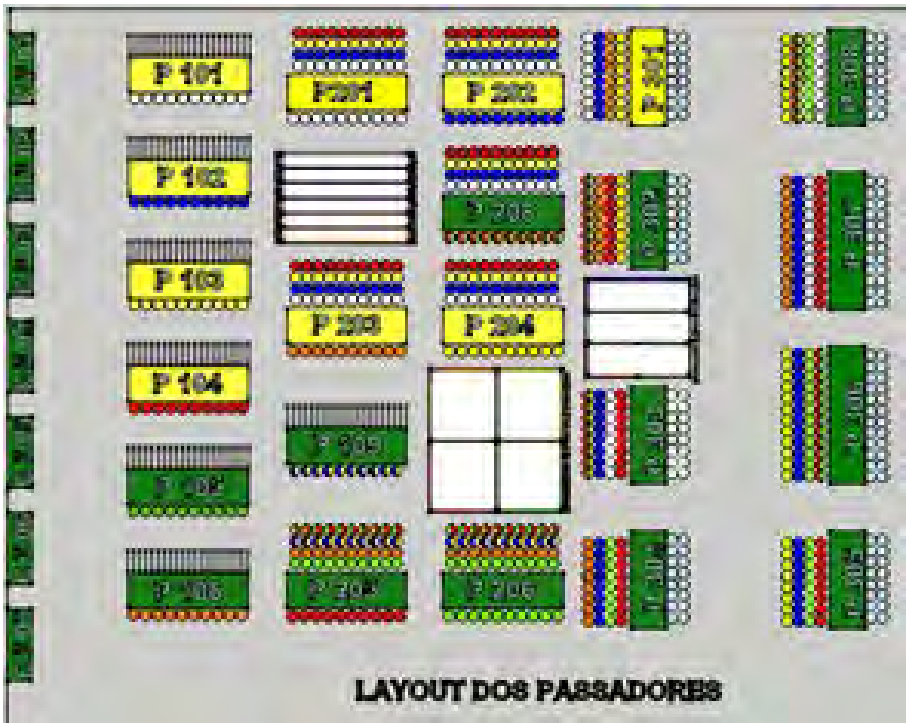
Figura 4 – Identificação da alimentação e da saída dos passadores de 2ª



Fonte: Autores.

Como o experimento foi realizado em uma empresa em pleno atendimento aos pedidos de clientes externos, utilizou-se uma quantidade reduzida de maquinários de forma a não comprometer a produção já em andamento. Os equipamentos usados foram quatro máquinas de primeira passagem (P101, P102, P103 e P104), quatro máquinas de segunda passagem (P201, P202, P203 e P204) e uma máquina de 3ª passagem (P301), conforme mostra a figura 5. Todas as máquinas citadas estão marcadas na cor amarela.

Figura 5 – Layout final para realização do experimento



Fonte: Autores.

Após a obtenção das fitas de 3ª passagem, no passador P301, com essa nova configuração, realizou-se análises laboratoriais em 4 amostras para avaliação do título das fitas, observando os valores de média e coeficiente de variação (CV%), e comparou-se com os dados obtidos de outras 4 amostras dos mesmos passadores utilizados no estudo antes da implementação do sistema de cores.

Para a realização do ensaio nas amostras, foram utilizados os equipamentos meadeira e balança analítica, presentes no laboratório de ensaios de fiação e tecelagem da empresa fabricante de sacaria de juta, localizada na cidade de Castanhal (PA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo os dados obtidos pela empresa, o material a ser adquirido pelos dois modos será utilizado para a fabricação do fio 10 lbs, cujo valor padrão do título da fita de passador da 3ª passagem, responsável pela alimentação do filatório, está compreendido entre 70 g/m e 75 g/m, sendo considerados os limites inferior e superior de controle, respectivamente.

Os resultados das 4 amostras de cada configuração de processo específica estão demonstrados na tabela 1 abaixo. A fim de melhorar a leitura dos dados, será atribuído o código P1 ao processo atual da empresa (sem a identificação das latas com fita colorida) e o código P2 ao processo utilizado no experimento.

Tabela 1 – Dados de titulação das fitas P1 e P2 no passador P301 (3ª passagem)

	Título da fita (g/m)	
Amostra	P1	P2
1	79	72
2	69	71
3	84	70
4	60	72
Média	73,00	71,25
DP	10,68	0,96
CV	14,63%	1,34%

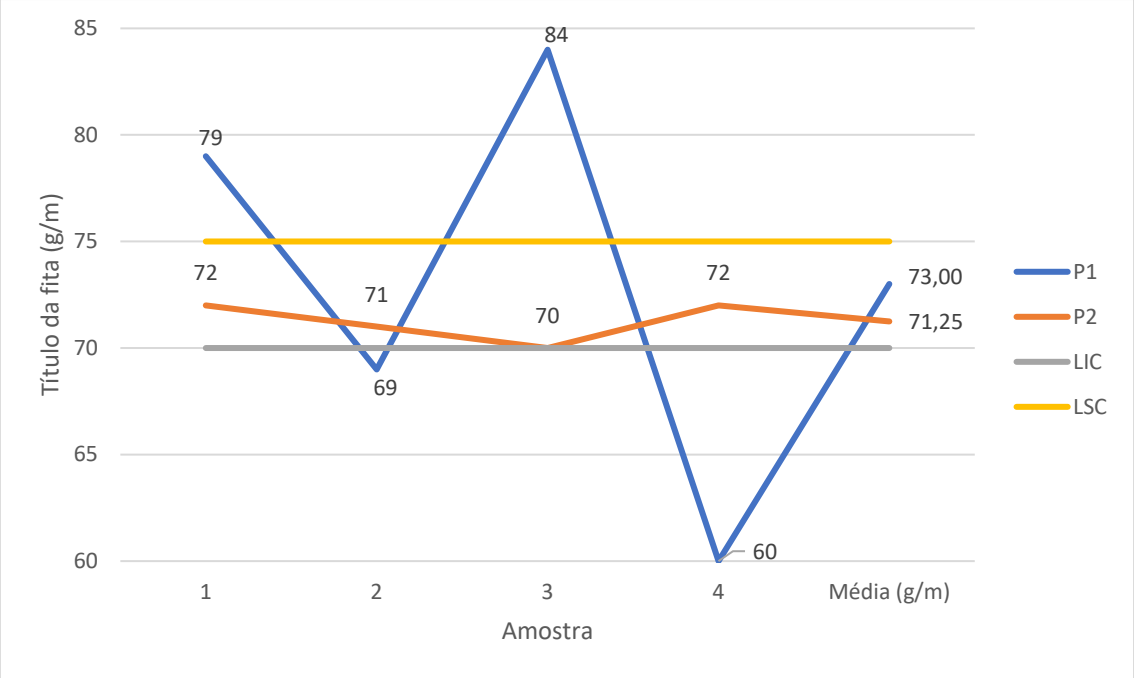
Fonte: Autores.

Ambos os materiais, de acordo com o que se observa no gráfico 1, estão com o valor médio da titulação da fita dentro dos limites de controle do parâmetro. Porém, o material P1 mostra uma variação maior do valor de suas amostras, quando comparado com as amostras P2.

Tal condição pode ser explicada pelo aumento da mistura dos materiais no processo proposto (P2), que resulta em uma fita com maior homogeneização da matéria prima utilizada na mistura realizada no início do processo de fiação.

Como a produção atual não realiza a mistura da matéria prima desde o início das passagens nos passadores de 1ª passagem, em diante isso se reflete na fita da 3ª passagem com a variação de título entre as amostras.

Gráfico 1 – Análise comparativa de amostras em relação aos limites de aceitação do título da fita

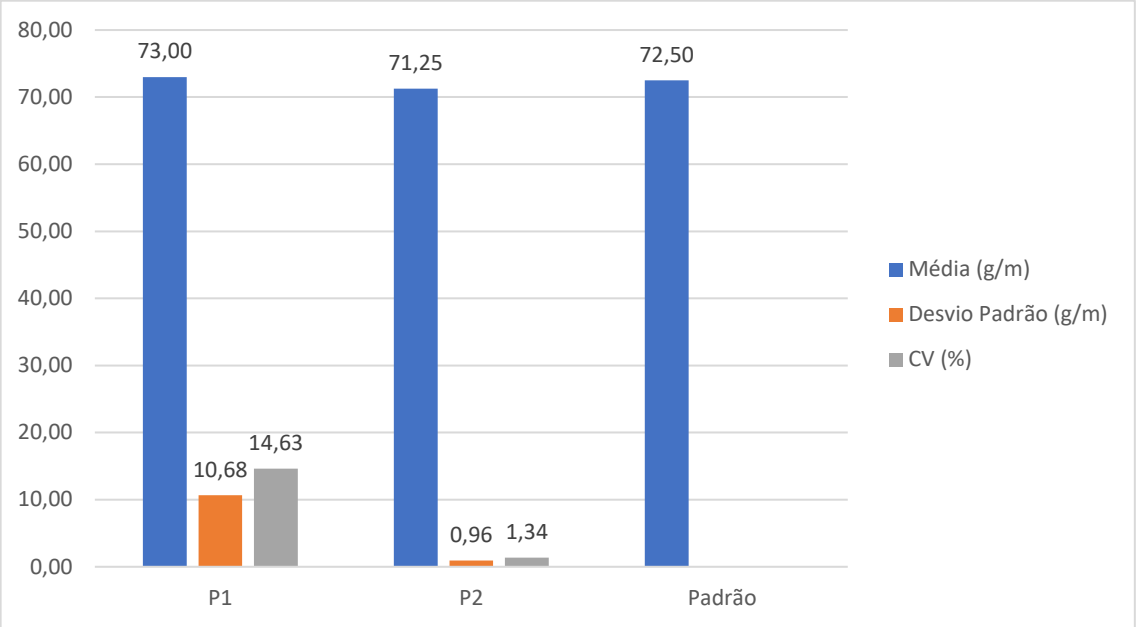


Fonte: Autores.

Utilizando-se dos valores de aceitação do título da fita (os limites de controle no gráfico anterior) e realizando o cálculo da média, obtém-se o resultado 72,50 g/m. Fazendo uso desse número, podemos analisar comparativamente os resultados de médias dos dois processos (P1 e P2) em relação à média padrão do título da fita, além de investigar os dados das medidas de dispersão de ambos (desvio padrão e coeficiente de variação), como mostra o gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2 – Análise comparativa das medidas de tendência central (média) e dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação – CV – do título da fita).

Gráfico 2



Fonte: Autores.

Os resultados apresentados em ambos os gráficos mostram que o material P2 teve um resultado mais regular quanto ao parâmetro em análise, mantendo-se dentro das especificações de controle preconizadas pela empresa para o material. Já o material P1 teve todos os valores mensurados nos ensaios fora dos limites de especificação, tendo somente o valor médio dentro do esperado.

Esses resultados mostram o quanto oscilam os valores de titulação da fita no processo atual, o que, por consequência, se refletirá nos processos subsequentes. Os pontos de maior atenção para as medidas de eficiência de máquina são os filatórios e as conicaleiras, visto a grande quantidade de fusos parados para intervenção de operador (filatório) e pelo alto índice de corte e emenda de fios (conicaleira).

5 CONCLUSÃO

O processo de passador dentro de uma fiação é visto como o momento em que a homogeneização dos diferentes tipos e tamanhos de fibras é crucial para uma maior estabilidade nas etapas posteriores.

De acordo com a comparação dos resultados obtidos, nota-se claramente que o resultado das amostras P2, que representa o método proposto por este projeto – latas de saída dos passadores de 1ª passagem marcados com fitas coloridas diferentes para cada passador, de forma que se realize a mistura dos produtos de saída dos mesmos nos passadores de 2ª passagem – mostrou um valor de título da fita mais próximo do considerado ideal e com um nível de oscilação altamente aceitável para um processo de fiação. Além disso, demonstra valor médio e,

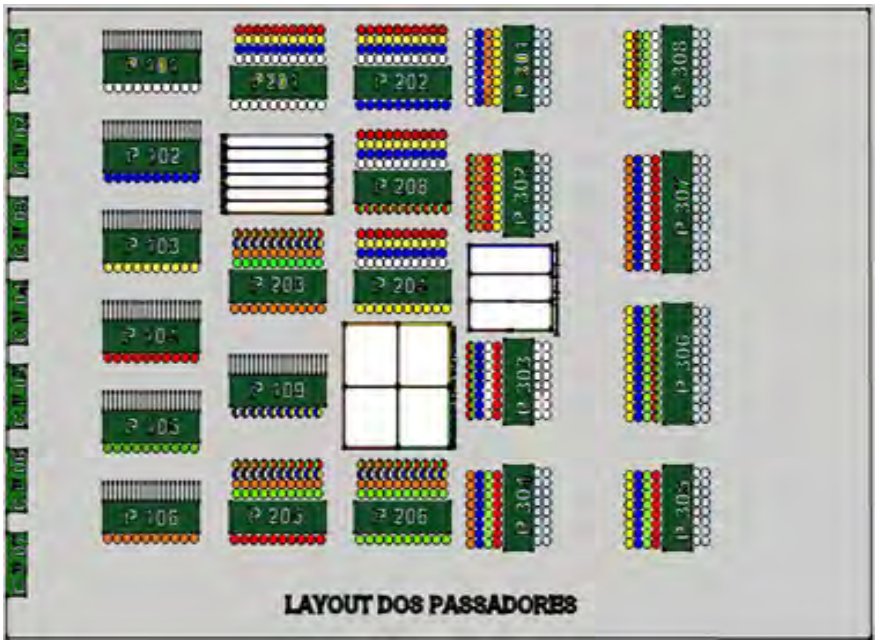
principalmente, valores de desvio padrão e coeficiente de variação muito baixos, comprovando a mínima oscilação dos resultados obtidos.

O resultado das amostras P1 (processo atual) apresentou valores fora dos limites de controle, tanto inferior quanto superior. Fato esse que é corroborado com a visualização dos valores de dispersão das amostras, onde o desvio padrão está muito alto. Isso se reflete no alto valor do coeficiente de variação, próximo dos 15%, que é considerado, em relação ao método proposto neste projeto, muito alto para o processo. Tal condição comprova, ainda mais, a necessidade de se realizar a mistura "fina" dos materiais ao longo do processo nos passadores, como mostrado nas referências citadas sobre o processo de fiação.

Com isso, conclui-se que a aplicação do sistema de cores para garantir uma alimentação variada nos passadores de 2ª e 3ª passagens é uma alternativa promissora e que tende a melhorar os índices de produtividade dentro do processo de fiação, devido ao aperfeiçoamento da homogeneização da mistura de fibras nessa etapa do processo. Isso resulta em menos imperfeições nos fios produzidos no filatório, o que, por consequência, acarreta menos paradas nas conicaleiras em razão da eliminação de imperfeições e posterior emenda.

Como uma sugestão de aplicação do estudo na produção de forma integral, a figura 6 a seguir mostra a disposição das latas de entrada em cada passador de 2ª e 3ª passagem com base na mistura proposta, admitindo a possibilidade de misturas diferentes das realizadas neste estudo. Outras alternativas incluem, por exemplo, os passadores de 2ª passagem P203, P205 e P206 e os passadores de 3ª passagem P302, P303, P306 e P308.

Figura 6 - Layout do setor de passadores com a implementação do sistema de cores



Fonte: Os autores (2020).

Pelo fato de o setor de fiação ser considerado, por muitos estudiosos e pessoas atuantes da indústria têxtil, o "coração" de uma fábrica, faz-se necessário a busca constante de melhorias para esse setor, independentemente da matéria prima utilizada. Isso faz com que a qualidade do processo esteja sempre em ótimas condições, visto que aperfeiçoamentos acarretam um aumento nos índices de produtividade e qualidade.

Tais reflexões trazem à tona novas perspectivas para estudos inéditos com base no que foi apresentado, levando em consideração os maquinários utilizados após os passadores.

No filatório, podem ser feitas análises da qualidade dos fios produzidos e na eficiência dos filatórios e da máquina conicaleira. Além disso, é factível examinar a eficácia da máquina conicaleira, levando em consideração o índice de parada por conta de purga de imperfeições nos fios.

Na tecelagem, pode-se avaliar a eficiência do tear utilizando-o como fio de trama e analisando o índice de paradas de trama a cada 100.000 batidas. Empregá-lo como fio de urdume também seria um desdobramento interessante, porém são possíveis muitas variações para teste, o que torna esse tipo de análise demorado.

Apenas para fins de esclarecimento do quão complexo pode ser esse trabalho quando realizado no processo de preparação da tecelagem, levando em consideração a primeira máquina do processo (urdideira) o acompanhamento do índice de ruptura deverá ser levado em consideração uma mesma máquina e a disposição da gaiola de bobinas inteira de uma condição e outra batelada com a gaiola completa com bobinas produzidas pelo outro processo. Isso levando em consideração a produção em um mesmo filatório e mesma conicaleira.

Independentemente da proposição escolhida, os autores acreditam que todas, sendo realizadas, gerarão argumentos irrefutáveis para a implementação desse sistema na produção na fábrica em estudo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10520: Informação e documentação: Citações em documentos: Apresentação. São Paulo, 2023.

_____. NBR-14724: Informação e documentação: Trabalhos Acadêmicos: Apresentação. São Paulo, 2011.

_____. NBR-6023: Informação e documentação: Referência: Elaboração. São Paulo, 2018.

_____. NBR-6024: informação e documentação: Numeração progressiva das seções de um documento escrito: Apresentação. São Paulo, 2012.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FUZIWARA, M. **Cálculo Técnico Têxtil**. 2011. Disponível em: http://texcontrol.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Apostila-de-C%C3%A1lculo-T%C3%A9cnico-T%C3%AAxtil-Marco-Fuziwara.pdf. Acesso: 23 mar. 2023.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. IPEF, 1989. 11 p.

GUEDES, T. A. *et al*. Estatística descritiva. **Projeto de ensino aprender fazendo estatística**, p. 1-49, 2005.

HENNING, E. *et al*. Um Estudo para a Aplicação de Gráficos de Controle Estatístico de Processo em Indicadores de Qualidade da Água Potável. **Sistemas & Gestão**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 2-13, 2014. LATEC. Disponível em: http://dx.doi.org/10.7177/sg.2014.v9.n1.a1. Acesso em: 23 mar. 2023.

JACOBI, L. F.; SOUZA, A. M.; PEREIRA, J. E. da S. Gráfico de controle de regressão aplicado na monitoração de processos. **Production**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 46-59, 2002. FapUNIFESP. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132002000100005. Acesso em: 20 fev. 2023.

Zero Waste: Método de modelagem com estampa de engenharia.



MÉTODO DE MODELAGEM *ZERO WASTE* COM ESTAMPA DE ENGENHARIA

ZERO WASTE MODELING METHOD WITH ENGINEERING PRINT

Arilson Gomes Júnior
Assistente de estilo, Atelier Marcio Ferreira. arilsonjr@gmail.com

Bruna Luz de Mattos Lopes
Professora, Coordenação Acadêmica do Curso de Design - CCD, Faculdade SENAI CETIQT. brunaluzdesigner@gmail.com.

Fernanda Vaz de Freitas
Estagiária, Min Confecção, Comércio Roupas e Acessórios Ltda LTDA. fernandavfreitas.arq@gmail.com.

Maria Clara Engel
Discente, Faculdade SENAI CETIQT. mariacm.engel@gmail.com.

Marilene Machado de Andrade Rocha
Professora, Coordenação Acadêmica do Curso de Design - CCD, Faculdade SENAI CETIQT. marilenemrocha@gmail.com.br

Verônica Viapiana de Carvalho
Discente, Faculdade SENAI CETIQT. veroviapiana@gmail.com

RESUMO

A presente pesquisa se propôs a estudar uma técnica de modelar e outra de estampar, conjuntamente aplicadas nos mesmos produtos. Estas técnicas são compatíveis, porém, pouco exploradas em conjunto, tanto pela academia quanto pelo mercado de moda: a modelagem do vestuário zero waste e a estampa de engenharia pensada especialmente para cada molde. Utilizou-se como metodologia a experimentação da modelagem plana, baseada em estudos já realizados por autores conceituados da área, e do encaixe da estampa nos moldes, para que, mesmo com a costura das peças, o desenho tenha continuidade e fluidez. Também se realizou a análise da usabilidade em outros tamanhos, bem como o encaixe dos moldes para o corte de acordo com a largura de cada tecido. Este projeto faz parte da Iniciação Científica Acadêmica realizada por alunos da faculdade SENAI CETIQT e conta com orientação das professoras Marilene Rocha e Bruna Luz.

Palavras-chave: modelagem zero waste; produção de vestuário; estampa de engenharia.

ABSTRACT

The present research proposed to study a technique of modeling and another of stamping, jointly applied in the same products. These techniques are compatible, however, little explored together, both by the academy and the fashion market: the modeling of zero Waste clothing and the engineering print designed especially for each mold. It was used as a methodology the experimentation of flat modeling, based on studies already carried out by renowned authors of the area, and the fit of the pattern in the molds, so that, even with the sewing of the pieces, the design has continuity and fluidity. The usability analysis was also carried out in other sizes, as well as the fitting of the molds for cutting according to the width of each fabric. This project is part of the Academic Scientific Initiation carried out by students of SENAI CETIQT college and guided by teachers Marilene Rocha and Bruna Luz.

Keywords: patternmaking zero waste; fashion design; apparel production; engineered print.

Data de submissão: 20/10/2023
Data de aprovação: 05/11/2023

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo pretende demonstrar os resultados dos trabalhos dos alunos do curso de Bacharelado em Design da Faculdade SENAI CETIQT, situada no Rio de Janeiro, realizados no programa de Iniciação Científica Acadêmica, no ano de 2021, no projeto intitulado "Modelagem do Vestuário: Análise do método *zero waste* e aplicabilidade de estampa de engenharia", proposto pela orientadora Marilene Machado de Andrade Rocha, com apoio da docente Bruna Luz de Mattos Lopes.

Este projeto teve como objetivo entender, experimentar e prototipar produtos de vestuário desenvolvidos a partir de técnicas de modelar *zero waste* e inserir a técnica de estampa de engenharia para verificar a sustentabilidade desses processos em conjunto.

Por meio de pesquisas bibliográficas e experimentações, pretendeu-se identificar os melhores métodos de costura, acabamento e estampas utilizados nos produtos desenvolvidos pelos discentes através da técnica *zero waste* e da estampa de engenharia, que são dois conceitos compatíveis, porém, pouco explorados juntos, tanto pela academia quanto pelo mercado de moda.

O projeto foi dividido em duas etapas: primeiro, para uma análise mais completa dos conceitos; posteriormente, uma análise dos modelos, baseada em estudos já realizados por autores conceituados da área. Sendo assim, na seção seguinte, as pesquisas se direcionam para a relação entre *zero waste* e estampa de engenharia. E, nas etapas consecutivas, no processo de experimentações das modelagens: calça legging, quimono, saia evasê e calça espiral. Por fim, mostram-se as considerações sobre o estudo.

2 *ZERO WASTE* E ESTAMPA DE ENGENHARIA

Há muito tempo fala-se dos benefícios de uma indústria que otimize sua produção estando em sintonia com a consciência ecológica, permitindo paulatinamente uma maior aderência ao movimento *Zero Waste* e tornando-se objeto de estudo em universidades e centros de pesquisa para a preparação de um novo mercado têxtil, de acordo com as demandas sustentáveis mundiais.

Na cadeia de produção de um bem, podemos destacar negativamente os desperdícios gerados nas metodologias atuais de modelagem. Por exemplo, no processo de cortes, nem sempre se consegue utilizar toda a matéria-prima, o que acaba gerando, por fim, seu descarte de forma errônea, gerando mais ativos poluentes. Estes pequenos pedaços de tecidos de sobra possuem grande impacto, já que grande parte não passa pela reciclagem ou reutilização, não recebem uma nova finalidade, tampouco um descarte correto (Fletcher; Grose, 2011).

Para a otimização de matéria-prima, a técnica *Zero Waste* tem se mostrado uma grande aliada na modelagem, fazendo com que o processo se torne mais limpo e seus recursos sejam 100% utilizados na produção, não gerando resíduos adicionais.

Sendo assim, uma roupa *zero waste* é uma peça desenhada e cortada de modo a incorporar todo o tecido, sem deixar sobras (Rissanen, 2013; Rissanen; Mcquillan, 2016; Breve; Mendes, 2017; Murray, 2002). A disciplina do desperdício zero no design de moda é uma das diversas ações alinhadas a padrões mais sustentáveis ao meio ambiente.

A estampa de engenharia é a tradução do termo originado na língua inglesa chamado *Engineered Print*. Essa técnica tem como finalidade gerar estampas que sejam projetadas em uma localização específica, de modo a favorecer a modelagem da peça. Assim, mesmo que os moldes sejam diferentes, irá acontecer o seu perfeito encaixe da estampa quando o produto for costurado. O procedimento em questão também contribui para uma produção mais consciente, posto que haverá a redução de resíduos, pois a estampa ocupará partes específicas do molde, evitando o desperdício (Contino *et al*., 2016; Laschuk; Ruthschilling, 2013).

O método da estampa de engenharia oferece uma maior liberdade de criação ao designer, visto que pode utilizar diferentes escalas e padronagens por repetição, assim como pode optar por não fazer repetições. A sua desvantagem é precisar ter entendimento em relação à modelagem e caimentos dos tecidos para a criação da estampa de forma correta.

Sua forma de impressão pode se dar em tecidos com a composição de poliéster por sublimação ou digital, o que possibilita a impressão nos mais diversos tipos de tecidos. Ambas as técnicas de estamparia possibilitam uma maior agilidade na produção e liberdade de criação, já que não é mais necessário se preocupar com o estilo do desenho e nem fazer separação de cores, como nas técnicas de cilindro, também conhecida como rotativa, e de serigrafia (*silk*).

Na técnica rotativa, o processo de impressão é feito por cilindros perfurados e gravados com o *rapport* de cada cor, que estampam em movimento de rotação. Já na serigrafia, ou *silk*, a impressão é realizada por uma ou mais telas de alumínio ou madeira com tecido nylon, gravada(s) com o fotolito com a arte final (localizada) ou o *rapport* da cor (estampa corrida) e

emulsão sensível à luz, sendo que, na área do desenho, a emulsão não se fixa e a tinta passa através da tela com o auxílio de um rodo ou espátula.

Com isso, podemos notar que a técnica da modelagem *zero waste* pode proporcionar a produção de peças que irão evitar desperdícios e aproveitarão ao máximo a matéria-prima utilizada. Junto a isso, a estamparia de engenharia entra como uma forte aliada, visto que abre um grande leque de oportunidades para criar produtos com maior liberdade e diferenciação. Todas essas ferramentas são de extrema importância, pois ajudam a construir um novo mercado têxtil, mais respeitoso e responsável com o meio em que vivemos.

3 METODOLOGIA

Os alunos participantes desta Iniciação Científica Acadêmica foram designados da seguinte forma, em relação à modelagem *Zero Waste*: Fernanda Vaz de Freitas com a modelagem da calça legging; Maria Clara Engel com o quimono e saia evasê; e Arilson Gomes Júnior e Verônica Viapiana, que entraram no segundo semestre, com a calça espiral.

As modelagens usadas para desenvolver esse trabalho foram selecionadas do livro dos autores Rissanen e Mcquillan (2016), *Zero Waste Fashion Design*, e dos autores Danilo Breve e Francisca Mendes (2017), *Design de roupas zero waste por meio da ferramenta CAD*. Em relação à estampa de engenharia, essa pode ser desenvolvida por meio de programas de criação e manipulação de imagem, tais como o Illustrator, CorelDraw e Photoshop. Cada discente, com orientação de Bruna Luz, criou a estampa no programa com o qual tinha mais familiaridade.

O *Zero Waste* também foi aplicado como referência para as estampas desenvolvidas. Como inspiração, a docente Bruna Luz desenvolveu o desenho “Revolução Zero Waste” (figura 1) para o entendimento dos conceitos da estampa de engenharia pelos discentes e como exemplo de estilo e cartela de cor a ser seguida para a coordenação das estampas (*mix and match*).

Figura 1 - Estampa de engenharia "Revolução Zero Waste" no quimono zero waste.



Fonte: Desenho desenvolvido pela docente Bruna Luz (2021).

Vale ressaltar que, em nosso estudo, as impressões das estampas de engenharia foram realizadas no campus do SENAI CETIQT, localizado na época no bairro do Riachuelo, no Rio de Janeiro, na mini fábrica (Confecção 4.0) da instituição, que possui um maquinário de sublimação corrida para tecidos com composição de no mínimo 80% de poliéster.

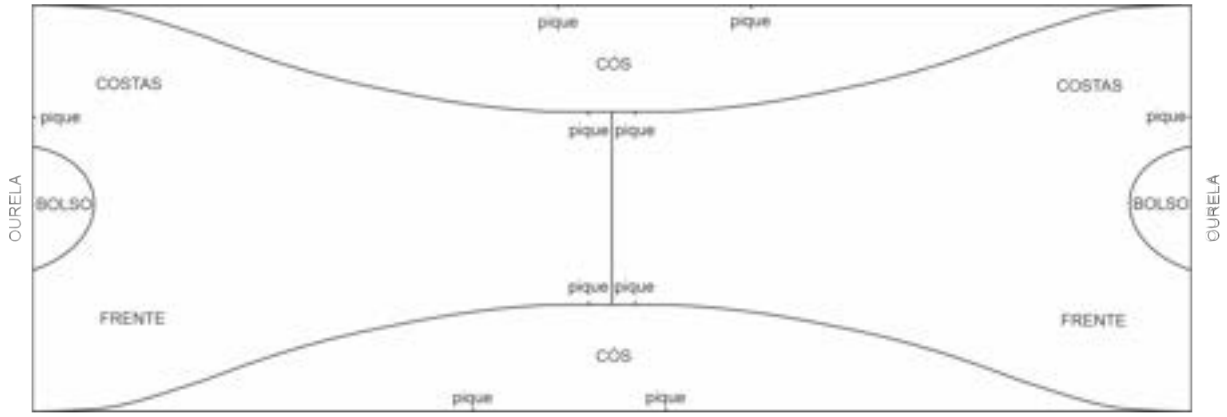
As fotos do editorial com as peças foram realizadas no dia 8 de dezembro de 2021, já no campus da Barra da Tijuca, na mesma cidade. As experimentações de modelagens, costuras foram feitas em ambos os câmpus, bem como na residência dos discentes, devido às medidas de isolamento social e quarentena, oriundas da pandemia de COVID-19 (Coronavírus) de 2020.

3.1 Calça Legging

Uma das modelagens *zero waste* experimentadas com a aplicação de engenharia de estampa foi a legging desenvolvida por Gemma Lloyd, como mostrado no livro *Zero Waste Fashion Design* (Rissanen, 2016). Como apenas as dimensões gerais são reveladas no livro - largura do tecido

de 150 cm e o comprimento de 52,6 cm -, as demais medidas foram descobertas por aproximação (figura 2).

Figura 2 – Modelagem da calça legging vetorizada.

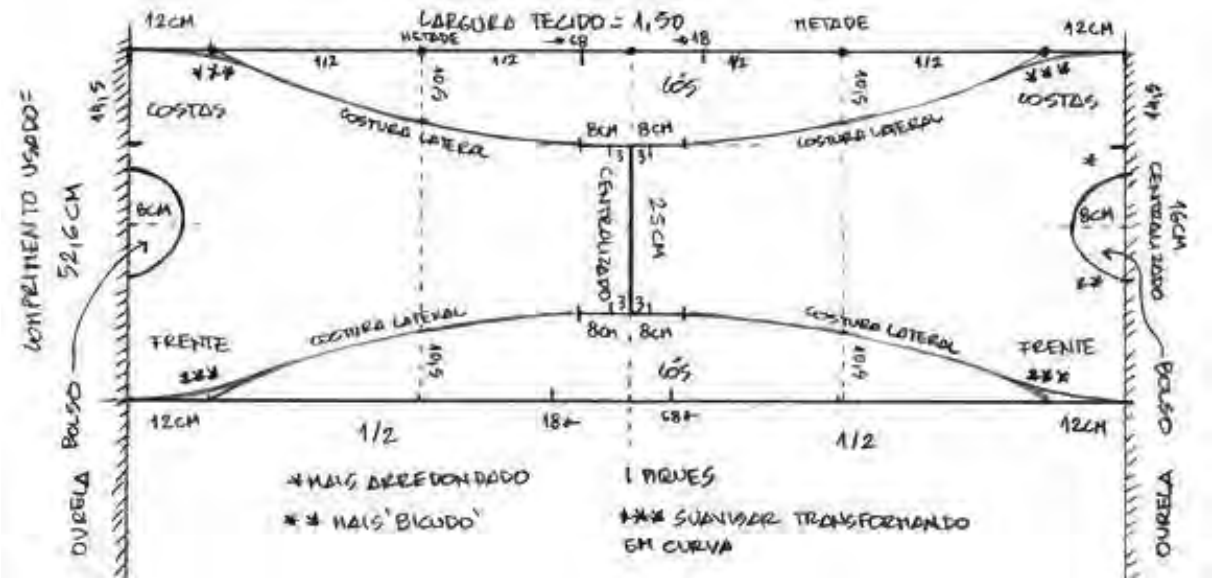


Fonte: Desenvolvido pela autora Fernanda Freitas (2021).

Como os moldes das pernas ficam no fio atravessado (perpendicular à ourela do tecido), uma observação pertinente, apontada pela autora da modelagem, é a indicação de uso de um tecido que estique nos dois sentidos. Outro ponto destacado é o fato de que a modelagem pode ser adaptada para outros tamanhos de corpo por meio da alteração do comprimento de 52,6 cm e adaptação da curvatura do cós.

Para manter as proporções de forma mais fiel possível, uma foto da modelagem de Gemma Lloyd (Rissanen, 2016) foi inserida no *software* vetorial CorelDraw, e, por meio das ferramentas de desenho, a modelagem foi medida, redesenhada e dimensionada conforme as dimensões conhecidas de largura e comprimento. Os outros tamanhos foram descobertos com uso de ferramenta de medição disponível no programa vetorial citado. Assim, criou-se o esquema abaixo (figura 3) para o desenvolvimento da modelagem presente na figura 2.

Figura 3 – Anotações sobre as medidas e geometria da legging de confecção em tamanho real.



Fonte: Desenvolvido pela autora Fernanda Freitas (2021).

Após o desenho da modelagem, fez-se uma experimentação em tecido plano (figura 4), mais especificamente algodão cru, em escala 1:5. Apesar de não ser o tecido ideal e ter uma escala bastante reduzida, já foi possível observar algumas questões apresentadas a seguir:

Figura 4 – Protótipo da legging em algodão cru na escala 1:5, frente e costas.



Fonte: Desenvolvido pela autora Fernanda Freitas (2021).

- Por causa de seu formato incomum, os moldes das pernas ficam curvados em direção às laterais. É gerada a hipótese de que se o molde for construído em tecido elástico, pode ser que se comporte de modo mais similar aos modelos de uma calça tradicional;
- Não identificou-se a utilidade dos piques localizados no cós;
- Como não é revelado no livro onde o bolso é fixado, tomamos nota de que precisamos experimentar qual é a melhor localização para ele;
- O gancho curto, apesar de ser compensado pelo cós largo, necessita de experimentação em escala real para averiguar sua ergonomia;
- Como o cós não é anatômico, surge a hipótese de que a aplicação de um elástico na cintura pode melhorar a ergonomia da peça.

Por falta de material e infraestrutura no momento, a modelagem foi desenhada no papel em escala real, porém deixada temporariamente de lado. Em seguida, a estampa de engenharia (figura 5) foi elaborada seguindo a cartela de cores presente na figura 1 (“Revolução Zero Waste”).

A forma interessante do cós, transpassado e arredondado, foi valorizado por meio de listras; faixas largas foram desenhadas nas laterais e nas bainhas e os bolsos foram preenchidos de cor diferenciada para facilitar a visualização no momento do corte.

Figura 5 – Modelagem da calça legging com aplicação de estampa de engenharia.



Fonte: Desenvolvido pela autora Fernanda Freitas (2021).

Com o objetivo de conferir se a modelagem teria êxito e para sanar dúvidas que só poderiam ser verificadas por meio de experimentação em escala real, foi feito um protótipo sem a aplicação da estampa (figura 6). Para isso, foi utilizado um tecido em estrutura de malha com elasticidade nos dois sentidos, de composição 88% viscose e 12% elastano, com costuras feitas na máquina do tipo overloque.

Como a largura do tecido era 5 cm maior do que a largura da modelagem original, fez-se uma adaptação no comprimento da calça para garantir que a peça não gerasse retalhos, ao mesmo tempo em que preservasse o modelo. Para isso, aumentou-se sua largura a partir do eixo central da modelagem, acarretando o alongamento de cada perna em 2,5 cm e adição de 5 cm nas duas partes do cós.

Figura 6 – Início do processo, posicionando a modelagem no tecido.



Fonte: Elaborado pelas autoras Fernanda Freitas e Marilene Machado (2021).

Como o livro *Zero Waste Fashion Design* (Rissanen, 2016) não esclarece como o bolso é fixado na peça, decidiu-se que a melhor solução seria unir as partes curvas dos dois moldes de bolso (figura 7), deixando um deles com a parte reta dobrada cerca de 1 cm, formando uma abertura para, posteriormente, ser costurado do lado interno da peça junto com o cós.

Figura 7 – Bolso preparado.



Fonte: Elaborado pelas autoras Fernanda Freitas e Marilene Machado (2021).

O livro mencionado (Rissanen, 2016) pareceu mostrar que o cós é costurado na cintura pelo lado reto. Mas, após costurar as pernas, percebeu-se que o lado arredondado parecia ser o mais indicado, já que seria a solução mais anatômica - tanto por seguir o formato da cintura quanto por proporcionar um perímetro menor na parte superior, gerando maior ajuste à cintura.

Outro motivo pelo qual preferiu-se costurar desta forma foi a possibilidade de fixar um elástico à parte reta. Porém, tal ideia foi abandonada após um teste que causou um exagerado franzido no cós (figura 8), o que não tornaria a peça atrativa comercialmente. Talvez essa costura tivesse dado certo com um elástico mais fino, mas essa possibilidade não foi testada.

Figura 8 – Teste sem êxito do elástico no cós.



Fonte: Elaborado pelas autoras Fernanda Freitas e Marilene Machado (2021).

Visto o resultado, optou-se pela peça sem elástico (figura 9).

Figura 9 – Cós frente e costas finalizado sem elástico, bolso na parte interna do cós e no avesso.



Fonte: Elaborado pelas autoras Fernanda Freitas e Marilene Machado (2021).

Um ponto conflituoso durante a costura foi a união do bolso com o cós transpassado e a cintura da calça, pois esse conjunto gera seis camadas de tecido. É possível de ser costurado, mas apresenta dificuldade.

A seguir, no quadro 1, detalhamos a sequência operacional por etapas e tipo de máquina de costura utilizada.

Quadro 1: Sequência operacional da calça legging *zero waste*.

SEQUÊNCIA OPERACIONAL DA CALÇA LEGGING	
Operação	Máquina
Preparação pernas da calça	
Unir ganchos, direito com direito	Overloque
Unir laterais, direito com direito	Overloque
Preparação cós	
Unir as duas partes do cós pelo lado reto, direito com direito	Overloque

Preparação bolso	
Dobrar 1cm o lado reto de uma das partes e costurar	Colarete
Unir as duas partes do bolso pelo lado curvo	Overloque
Montagem	
Fixar bolso na cintura da calça	Overloque
Fixar cós na cintura da calça	Overloque
Acabamento	
Fazer as barras das pernas da calça	Colarete

Fonte: Elaboração pela autora Fernanda Freitas (2021).

Concluiu-se que seria mais ergonômico unir o cós da calça pelo lado curvo. Por isso, foi necessário fazer uma modificação na estampa (figura 10) para que a parte listrada ficasse harmônica com o modelo, conforme ilustrado no desenho técnico.

Figura 10 – Estampa atualizada no cós, após experimentação prática.





Fonte: Elaborado pela autora Fernanda Freitas (2021).

Para o teste de vestibilidade, a calça foi analisada em uma modelo de prova (figura 11) com 68 cm de circunferência de cintura, 90 cm de circunferência de quadril e 173 cm de altura. No teste, foi conferido que, apesar de não haver elástico no cós, a elasticidade do tecido e o formato do cós ficou confortável. Nas pernas, apesar de a modelagem formar uma curva, não é perceptível ao vestir. A falta de costura no entrepernas também confere conforto. Levantou-se a possibilidade de haver necessidade de fazer um pequeno ponto manual no cruzamento do cós no centro frente, mas não foi necessário.

Figura 11 – Legging na modelo de prova, frente e costas e detalhe do cós.



Fonte: Elaborado pela autora Fernanda Freitas (2021).

Como última etapa, a legging foi confeccionada em malha estampada de composição 82% poliéster e 18% elastano. O processo da costura foi o mesmo, e as únicas diferenças apontadas na vestibilidade da peça foram em relação às propriedades do tecido, já que a malha que foi estampada é diferente da malha lisa do primeiro protótipo feito em escala real - o maquinário utilizado para estampar só aceita um tipo de tecido.

O protótipo estampado (figura 12) ficou mais justo na modelo, causando um pouco de desconforto, já que a malha tem menor elasticidade. Tal diferença também é evidenciada pelo esbranquiçado gerado nas áreas onde a peça sofre maior tração.

Figura 12 – Protótipo final, frente, costas, lateral e cós.



Fonte: Elaborado pela autora Fernanda Freitas, 2021.

Apesar de relatadas essas diferenças, não são consideradas um erro ou motivos para inviabilização do modelo, já que outros tipos de malha poderiam ser utilizados se tivéssemos acesso a outros métodos de estamparia. De mesmo modo, tais questões não ocorreriam em um corpo de proporções menores.

Ademais, o objetivo nessa parte do experimento foi verificar se o planejamento da estampa estava coerente com o que se imaginou para o resultado final. Em relação a isso, houve êxito. Pôde-se observar que as faixas laterais e da barra ficaram bem localizadas e que o cós listrado evidenciou o transpasse valorizando a peça.

Apesar de a modelagem da legging ter uma forma bastante diferenciada em comparação aos moldes tradicionais, em seu resultado, ela se mostrou ser muito ergonômica e visualmente comercial. O corte do tecido é bastante fácil e facilitado pela estampa de engenharia, já que a própria estampa foi utilizada para delimitar os moldes. Ainda sim, é importante ressaltar que não experimentou-se cortar um enfesto (empilhamento de tecidos para otimização da produção).

Já na costura, a operação mais trabalhosa foi a fixação do cós e do bolso (figura 13), porém acreditamos que uma costureira experiente não teria tanta dificuldade. Como demonstrado no primeiro protótipo em escala real, a legging é facilmente adaptável para diferentes larguras de tecido com uma pequena modificação no eixo central. Não fizemos experimento de gradação, mas, seguindo as instruções da autora da modelagem, não parece ser um procedimento difícil. Além disso, como a peça é de malha, se adapta mais facilmente a diferentes corpos.

Figura 13 – Protótipo final, cós e o bolso no lado avesso.



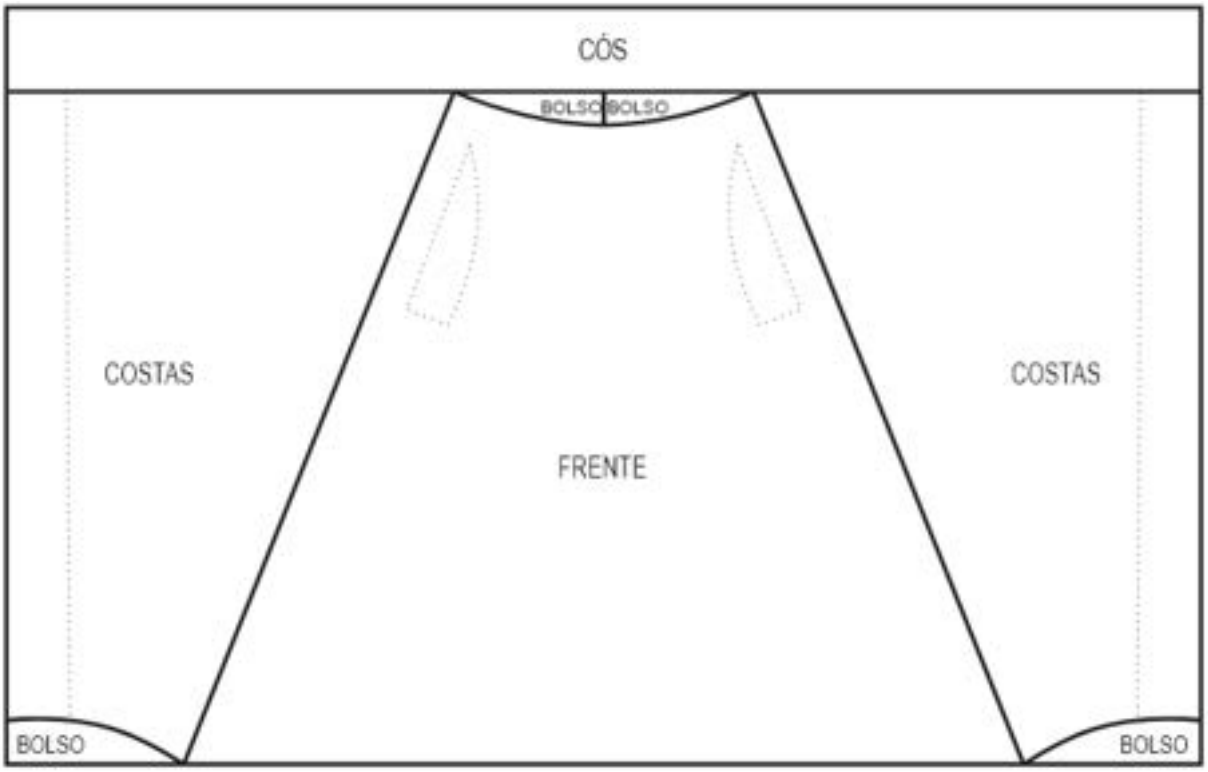
Fonte: Elaborado pelas autoras Fernanda Freitas e Marilene Machado (2021).

3.2 Saia Evasê

Outra modelagem *zero waste* estudada foi a saia evasê desenvolvida pelos autores Danilo Breve e Francisca Mendes no artigo *Design de roupas zero waste por meio da ferramenta CAD* (2017), publicado no Congresso Internacional Negócios da Moda.

A partir de um retângulo, conforme proposto pelos autores supracitados, com medidas de 150 cm por 80 cm, foi possível realizar uma saia de cintura alta com amarração e zíper nas costas. Foi realizado um protótipo em algodão cru sem estampa para verificar a aplicabilidade da peça. Como esse tecido não possui elasticidade, foi necessária a aplicação de um zíper invisível no centro das costas. E pelo fato de que o molde da saia na barra é reto (figura 14) e não curvado como os modelos tradicionais, criaram-se duas pontas mais alongadas nas laterais.

Figura 14 – Protótipo final, cós e o bolso no lado avesso.



Fonte: Elaborado pela autora Bruna Luz (2021).

A costura da peça foi bem simples, porém a aplicação dos chamados “bolsos” foi complicada, por possuírem dimensões muito pequenas, provenientes das sobras da cintura. O resultado foi duas aplicações de bolsos embutidos falsos, uma vez que não apresentam profundidade suficiente.

O cós é alto e bem comprido, permitindo fazer uma amarração que regula melhor o encaixe na cintura, conforme pode ser observado na figura 15. A modelo de prova tem 68 cm de circunferência de cintura, 92 cm de circunferência de quadril e 161 cm de altura. Vale informar que as fotos foram realizadas em uma área residencial em Teresópolis.

Figura 15 – Protótipo da saia em algodão cru.



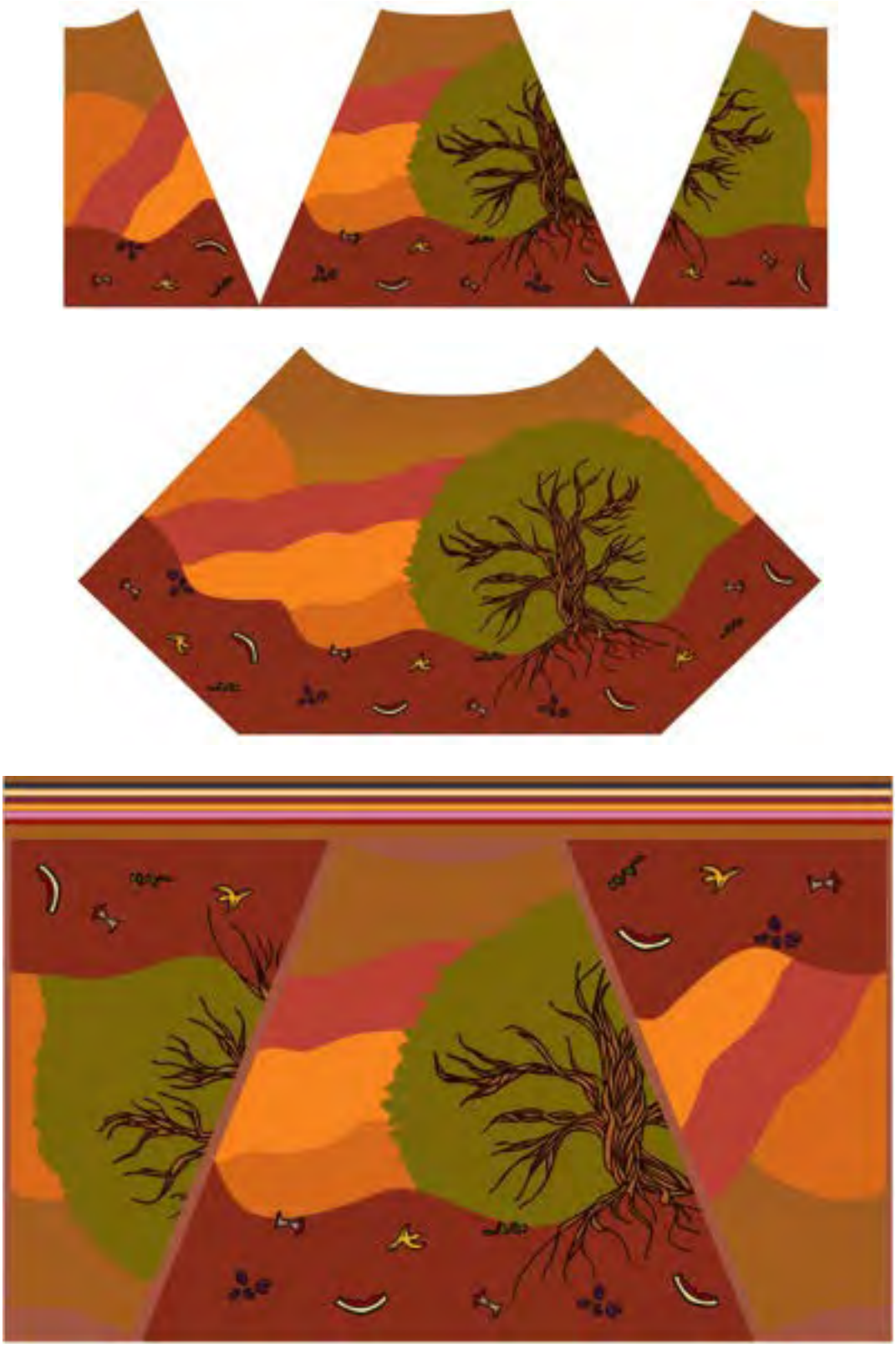
Fonte: Elaborado pela autora Maria Engel (2021).

Após o sucesso do protótipo, foi realizada a estampa de engenharia na peça. Por meio do programa vetorial CorelDraw, as partes da modelagem plana da saia foram encaixadas onde seriam costuradas, possibilitando a criação do desenho.

Utilizou-se um desenho manual de árvore retorcida da autora Maria Clara Engel, inicialmente desenvolvido para o quimono, que foi vetorizado e redimensionado para o tamanho dos moldes da saia. Para o preenchimento, foram criadas as figuras da terra, do céu com nuances e do topo da árvore com a ferramenta “mão livre” do programa de computador supracitado.

As cascas de fruta foram multiplicadas e espalhadas no entorno do barrado da saia. Também foi adicionada uma forma circular para representar o pôr do sol. Para melhor entendimento do encaixe e da estampa desenvolvida, na figura 16 é possível observar as partes da frente e costas da saia (como ficariam unidas) e a estampa de engenharia final na modelagem *zero waste*, pronta para o envio para a técnica de estamparia de sublimação.

Figura 16 – Encaixe e a estampa de engenharia final na modelagem *zero waste*.



Fonte: Elaborado pelas autoras Maria Clara e Bruna Luz (2021).

Para a produção da estampa criada, escolheu-se um tecido com composição de 82% poliéster e 18% elastano, dispensando a aplicação do zíper. Pela mesma razão, não foi realizado o corte das aplicações dos bolsos, visto que o cós nesse tecido não teve necessidade da curva anatômica.

A montagem da saia foi feita em máquina reta. A maior parte do desenho se encaixou, porém alguns pontos da costura ficaram alguns milímetros desalinhados na área em que o tecido estava enviesado, o que não é tão perceptível na peça pronta, como pode ser observado na figura 17. A modelo de prova tem 68 cm de circunferência de cintura, 90 cm de circunferência de quadril e 173 cm de altura.

Figura 17 – Saia confeccionada com a estampa.

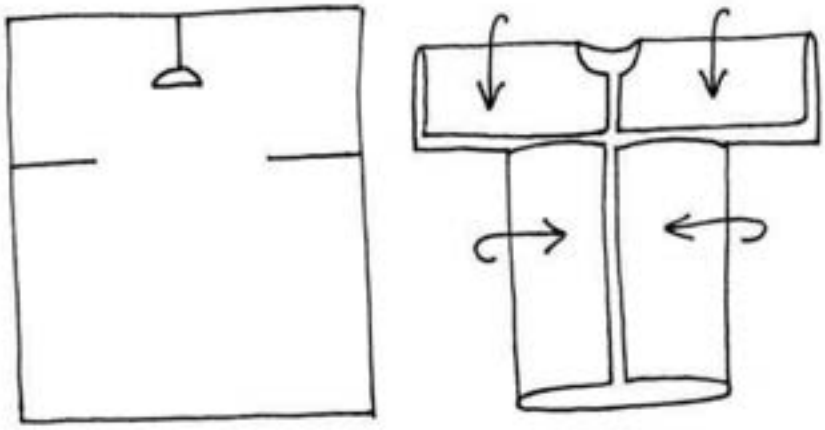


Fonte: Elaborado pelas autoras Fernanda Freitas e Marilene Rocha (2021).

3.3 Quimono

Uma das modelagens *zero waste* estudadas foi o quimono. A modelagem do quimono foi inspirada no esboço presente no site The Craft of Clothes, de Liz Haywood (2016), de um casaco/túnica (figura 18) de silhueta geométrica e modelagem quadrada-retangular, pensada para ocupar toda a extensão da superfície têxtil, composta por cortes que possibilitam dobras das partes componentes, formando, assim, a estrutura da peça.

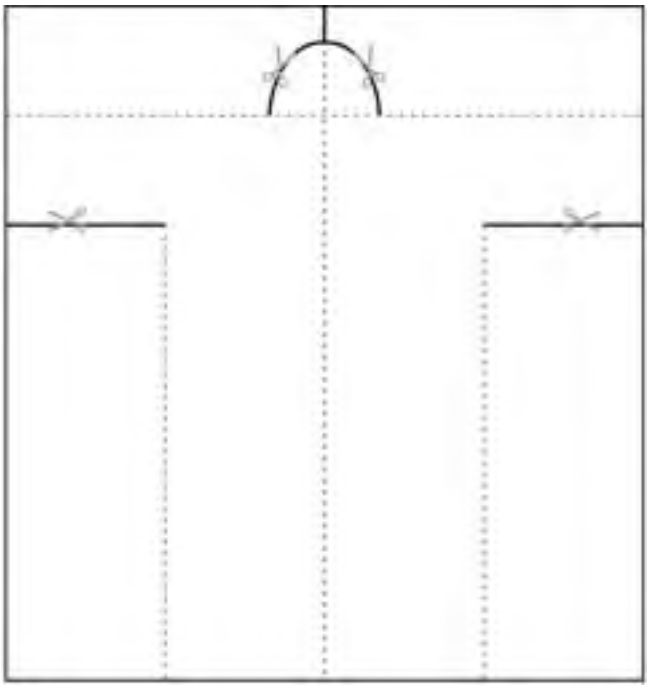
Figura 18 – Esboço do quimono.



Fonte: Haywood (2016).

Partindo da figura 18, a modelagem do quimono foi desenvolvida por Marilene Rocha a partir de um retângulo com medidas de 148 cm por 140 cm (que pode ser adaptado à largura do tecido e a outras medidas). Na figura 19, a mesma modelagem foi reduzida no CorelDraw na escala 1:7 por Bruna Luz, para impressão em papel internacional A4 (papel sulfite).

Figura 19 – Esboço do quimono *zero waste* selecionado para experimentação e modelagem.

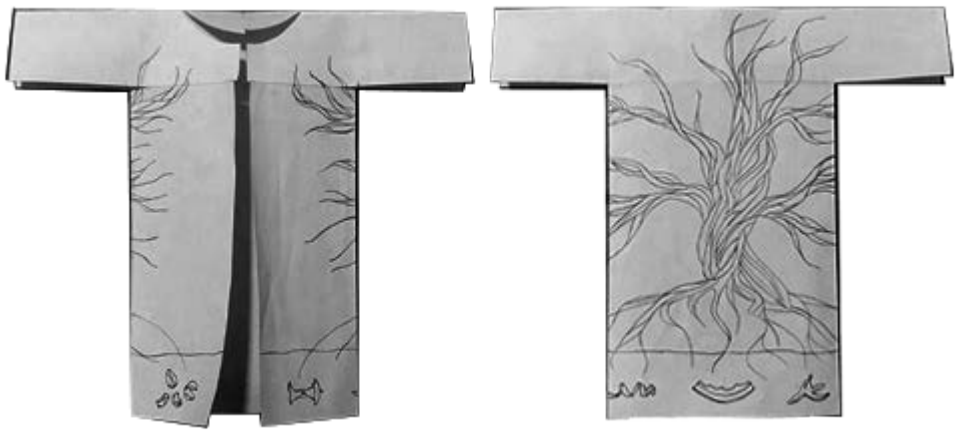


Fonte: Elaborado pelas autoras Marilene Rocha e Bruna Luz (2021).

Essa modelagem consiste em pequenos recortes no tecido e dobras, como um origami. Seu formato é bem anatômico e, por ser um quimono, se encaixa perfeitamente com a proposta da peça, ficando longo e soltinho.

Como não requer recortes muito elaborados, a criação da estampa de engenharia é bem mais fácil. Por falta de recursos para uma estampa digital, como a mesa digitalizadora, que permite desenhar diretamente no computador com uma caneta, a melhor maneira de criar a estampa de engenharia para essa modelagem foi seguir, inicialmente, o método manual, desenhando à mão e conectando os traços por meio das dobras, como mostra a figura 20 a seguir:

Figura 20 – Estampa desenhada à mão no quimono de papel.



Fonte: Desenvolvido pela autora Maria Clara Engel (2021).

Com o papel aberto, o desenho foi escaneado e editado no Adobe Photoshop. Usando a ferramenta “conta gotas” do programa, foram selecionadas as cores a serem utilizadas na coloração do desenho, que foi pintado por meio da ferramenta “balde de tinta”. Com o desenho digital, foi possível ter uma melhor visualização do resultado de como seria impressa a estampa no tecido.

O resultado final atendeu às expectativas, com uma composição visual coordenada com a estampa “Revolução Zero Waste”, desenvolvida pela docente Bruna Luz como *briefing* para o projeto de estampas. A professora, conforme comentado, optou inicialmente por desenhar a estampa à mão para melhor compreensão do encaixe nas costuras, para, assim, digitalizar e finalizar a arte no Photoshop, como pode-se observar na figura 21, com o processo de criação da estampa de engenharia.

Figura 21 – Estampa escaneada, colorida e teste de encaixe com a modelagem.



Fonte: Elaborado pelas autoras Maria Clara e Bruna Luz (2021).

Como a área do molde, principalmente das costas, possui uma boa superfície para desenho e não apresenta muitos cortes de junções, a criatividade é estimulada no momento da criação do(s) motivo(s) da padronagem. Segue abaixo, na figura 22, o quimono confeccionado em tecido com estampa a metro executado pela discente Maria Clara Salles, que participou deste estudo no primeiro semestre. O molde ajuda a evidenciar o diferencial de uma estampa de engenharia que visa à conexão do desenho, desenvolvido especificamente na área do molde.

Figura 22 – Quimono confeccionado em tecido com estampa a metro.



Fonte: Elaborado por Maria Clara Salles (2021).

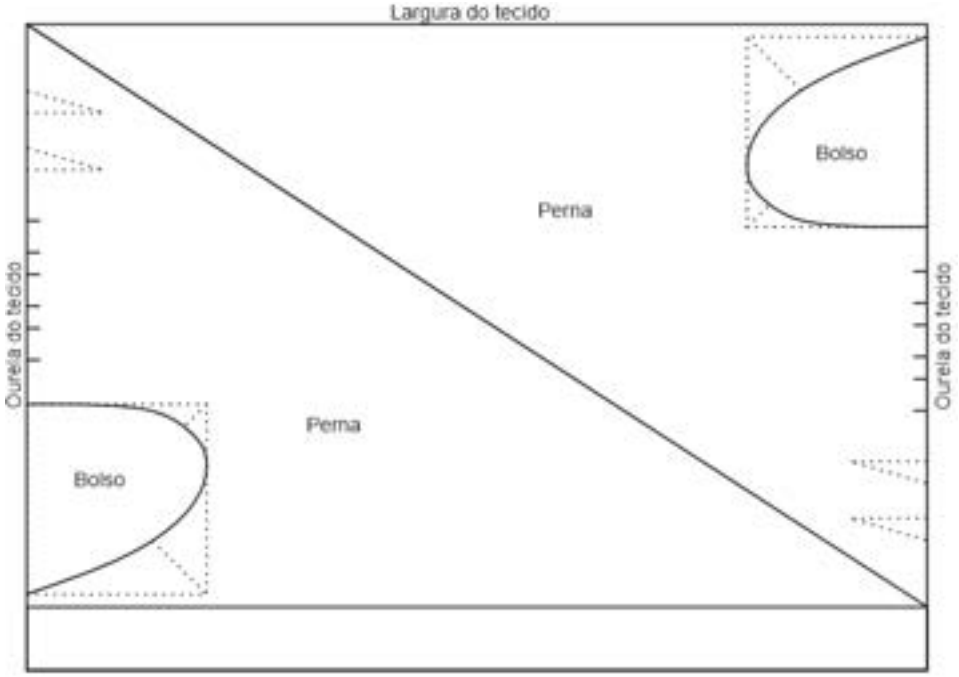
Quanto ao tamanho do tecido, há a possibilidade de encurtar ou alongar o quimono, mantendo a modelagem *zero waste*, podendo, assim, se adaptar a diferentes estilos. Além disso, é uma peça solta em relação à silhueta do corpo, ou seja, não exige elasticidade, podendo, portanto, explorar diversos tipos de tecidos e seus diferentes caimentos.

3.4 Calça espiral com pregas e bolso embutido

Uma das modelagens *zero waste* experimentadas com aplicação de engenharia de estampa foi a calça em espiral, desenvolvida segundo as técnicas de Rissanen e McQuillan (2016), executadas por Danilo Gondin Breve no seu artigo científico *Zero waste: design sustentável aplicado ao ensino de moda* (2017).

Para dar início ao processo de experimentação, começou-se pela modelagem plana. As medidas utilizadas foram 140 cm na largura do tecido e 102 cm no seu comprimento. Na figura 26, abaixo, vê-se a modelagem criada no *software* vetorial CorelDraw.

Figura 26 – Modelagem criada no *software* vetorial CorelDraw.



Fonte: Desenho elaborado pela professora Bruna Luz (2021).

Uma observação pertinente apontada pelo autor da modelagem é o fato de que esta peça precisa ser cortada em tecidos cujos lados avesso e direito sejam iguais, já que as duas pernas ficam para o mesmo lado. Se for usar tecido com lados diferentes, direito e avesso, será necessário cortar duas calças e, em seguida, trocar as pernas.

A fim de se verificar se a modelagem realmente iria funcionar, foi necessário reproduzi-la por meio da experimentação em escala real. Desse modo, um protótipo foi feito, utilizando máquina reta industrial, em um tecido plano composto 100% de algodão, com a largura de 150 cm. Seguem abaixo, na figura 27, o posicionamento da modelagem no tecido e os moldes da calça cortada no tecido.

Figura 27 – Início do processo, posicionando a modelagem no tecido e o corte.



Fonte: Elaborado pelas autoras Marilene Rocha e Verônica Viapiana (2021).

Já que o artigo original não explicita uma forma de costurar o bolso, ele foi embutido. O número de pregas também precisou ser aumentado e adequado a uma cintura com 70 cm, visto que o experimento foi realizado em um manequim tamanho 40. A calça acabou ficando folgada e, para que a modelagem assentasse melhor, foi necessário mudar as pences de lugar e adicionar duas pregas a mais.

Percebeu-se que aumentar ou reduzir as pregas pode ser uma boa alternativa para adequar o tamanho da cintura para vários manequins - notavelmente um ponto positivo, que viabiliza a venda deste produto. Segue abaixo, na figura 28, partes do processo de costura da frente e costas da calça.

Figura 28 – Costura frente e costas da calça.



Fonte: Elaborado pelas autoras Marilene Rocha e Verônica Viapiana (2021).

Ao finalizar-se o processo de costura do bolso embutido na calça, observou-se que ele não é muito funcional, devido ao seu tamanho, menor do que o usual, cumprindo mais um efeito decorativo. Segue, na figura 29, a preparação do bolso para costura.

Figura 29 – Preparação do bolso para costura.



Fonte: Elaborado pela autora Marilene Rocha (2021).

Identificou-se também que, quando se costurou o bolso do lado direito da calça, a prega que estava na frente precisou ser transferida para as costas. Assim, ficaram três pregas na frente e uma atrás, para o bolso ficar bem acomodado. No entanto, quando se costurou do lado esquerdo da calça, mantendo as quatro pregas na frente, notamos que o bolso ficou mal localizado.

Logo, o mais indicado é aplicar o processo utilizado ao costurar o bolso do lado direito da calça, porque sobra muito tecido na cintura. Então, quando a peça for montada, deve-se analisar como será resolvida essa sobra. Seguem, na figura 30, a calça com quatro pregas e a calça com três pregas, ambas de perfil, e o protótipo final da calça de 3 pregas.

Figura 30 – Calça com quatro pregas e calça com três pregas prototipada.



Fonte: Elaborado pelas autoras Marilene Rocha e Verônica Viapiana (2021).

A seguir, no quadro 2, detalhamos a sequência operacional por etapas e tipo de máquina de costura utilizada.

Quadro 2: Sequência operacional da calça com pregas e bolso embutido.

SEQUÊNCIA OPERACIONAL DA CALÇA COM PREGAS E BOLSO EMBUTIDO	MÁQUINA
Passo 1: Fazer pences e pregas de acordo com o tamanho da cintura.	Reta
Passo 2: Costurar o bolso embutido.	Reta
Passo 3: Fechar a perna, unindo o lado que está enviesado com o lado reto, começando pelas costas da calça até o final do comprimento.	Reta
Passo 4: Pregar o zíper invisível na linha do gancho frente.	Reta
Passo 5: Finalizar a costura do gancho.	Reta
Passo 6: Pregar o cós.	Reta
Passo 7: Fazer a bainha.	Reta

Fonte: Elaborado pelas autoras Marilene Rocha e Verônica Viapiana (2021).

Uma estampa de engenharia foi criada para a modelagem da calça, mas, devido ao pouco tempo, não pôde ser testada na prática. Entretanto, a testamos em papel em uma escala menor. Uma das pernas da calça feita para confirmar se a estampa se conectaria ao criar o desenho manualmente. Segue abaixo, na figura 31, a estampa manual editada no *software* Adobe Photoshop.

Figura 31 – Estampa manual editada no *software* Adobe Photoshop.



Fonte: Elaborado por Verônica Viapiana, com orientação de Bruna Luz (2021).

Com isso, concluiu-se que o experimento da calça em espiral com pregas na cintura funcionou bem; no entanto, ficou muito volumosa na frente por causa das pregas. De mesmo modo, percebeu-se que este modelo acaba limitando a quantidade de pessoas que pode vesti-lo, pois a calça não abrange outros tamanhos.

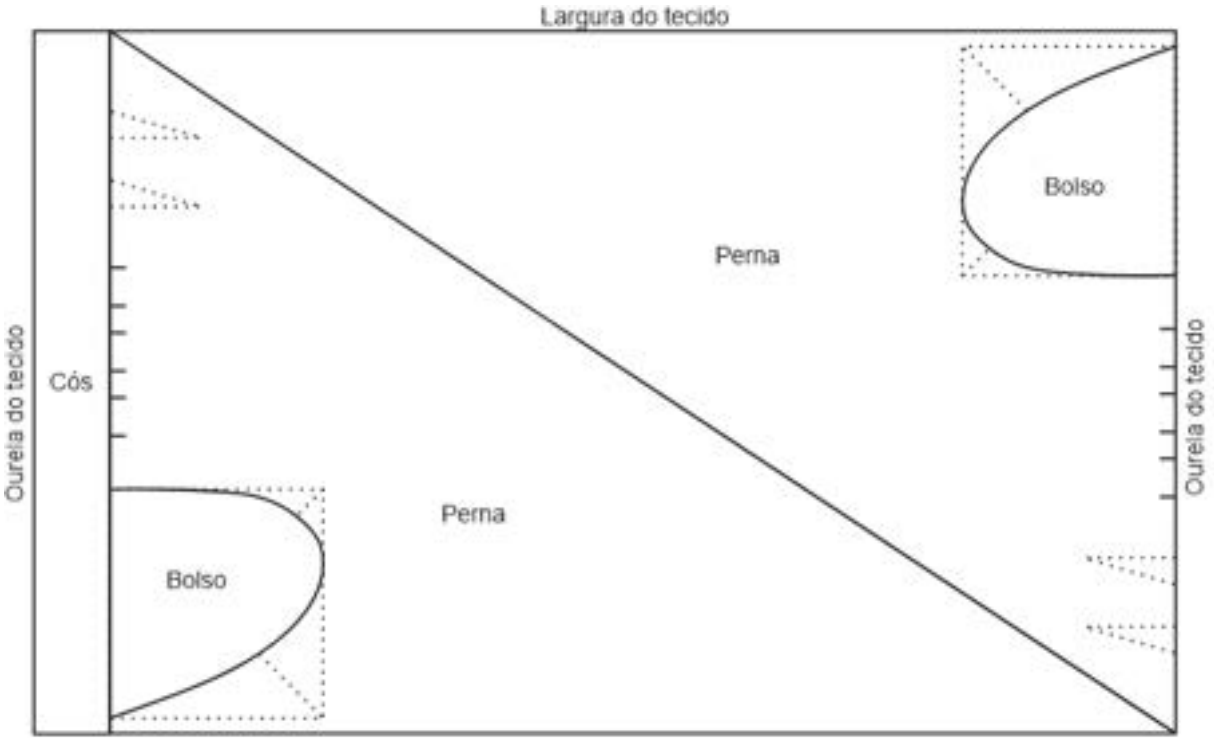
Notou-se também que o seu cós será reduzido e mudará de lugar no molde, dependendo da largura do tecido. O cós na parte de trás da peça ficou um pouco alto, mas isso não compromete a vestibilidade do protótipo. De um modo geral, a calça demonstrou cumprir o seu objetivo.

3.5 Calça espiral com cós de elástico e bolso chapado

Partindo dos estudos inicialmente feitos pela modelagem e confecção da calça espiral com pregas na cintura, propôs-se uma alteração pequena, porém muito significativa: a inclusão de elástico no cós. Os motivos são: a distribuição do volume das pregas na frente da peça, que, no franzido, fica mais sutil e menos volumoso; a melhor vestibilidade e conforto que o elástico proporciona à cintura; e a possibilidade de uso em biotipos diversos.

Logo no início da confecção da peça, identificou-se que a largura do tecido influencia diretamente o planejamento e confecção da calça. Uma vez que o mercado oferece tecidos em larguras diferentes (como 1,40 m, 1,45 m, 1,50 m e 1,60 m), são necessárias adaptações. Uma das opções é a mudança do posicionamento da faixa para amarração no cós, que pode ser alocada paralelamente (conforme figura 32) ou perpendicularmente em relação à ourela, como na imagem anterior (figura 26).

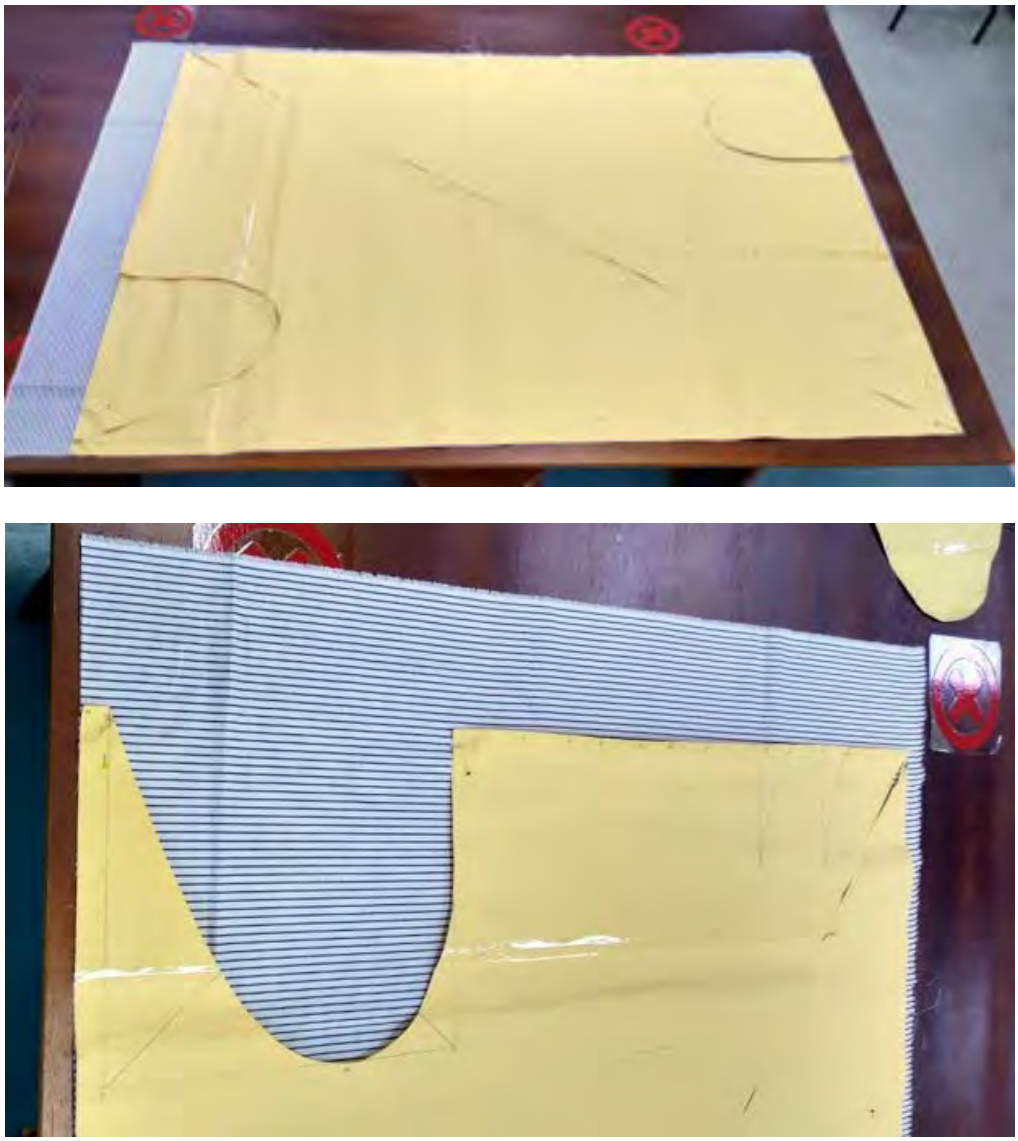
Figura 32 – Deslocamento de cós para a ourela do tecido.



Fonte: Elaborado por Bruna Luz (2021).

Para o desenvolvimento do protótipo da calça espiral com cós de elástico, foi utilizado um material 100% algodão, com largura de 150 cm. O cós precisou ser alocado paralelamente à ourela, conforme figuras 32 e 33, para a utilização do tecido em sua totalidade, resultando em um modelo de calça com pernas mais curtas e cós mais comprido que o necessário para a cintura. Para solucionar essa incompatibilidade de tamanhos, se fez necessário embutir de forma transpassada o cós, para que não houvesse desperdícios, acarretando uma maior estruturação da peça na área em que o tecido ficou duplicado.

Figura 33– Corte da calça com elástico.



Fonte: Elaborado por Arilson Gomes Júnior e Marilene Rocha (2021).

Durante o corte da calça com elástico, percebeu-se que o cós no sentido do urdume só funciona para a calça com pregas. Como já citado anteriormente, não é esclarecida nos textos e estudos utilizados como base para este projeto a metodologia para a costura dos bolsos. Sendo assim, neste segundo modelo de calça, optou-se por experimentar uma nova forma de fazer o bolso: desta vez, aplicada cada parte do molde nas laterais (figura 34), proporcionando ergonomia e funcionalidade devido ao tamanho e posicionamento

Figura 34– Calça com elástico no cós e bolsos chapados.



Fonte: Elaborado por Arilson Gomes Júnior e Marilene Rocha (2021).

Quadro 3: Sequência operacional da calça espiral com elástico.

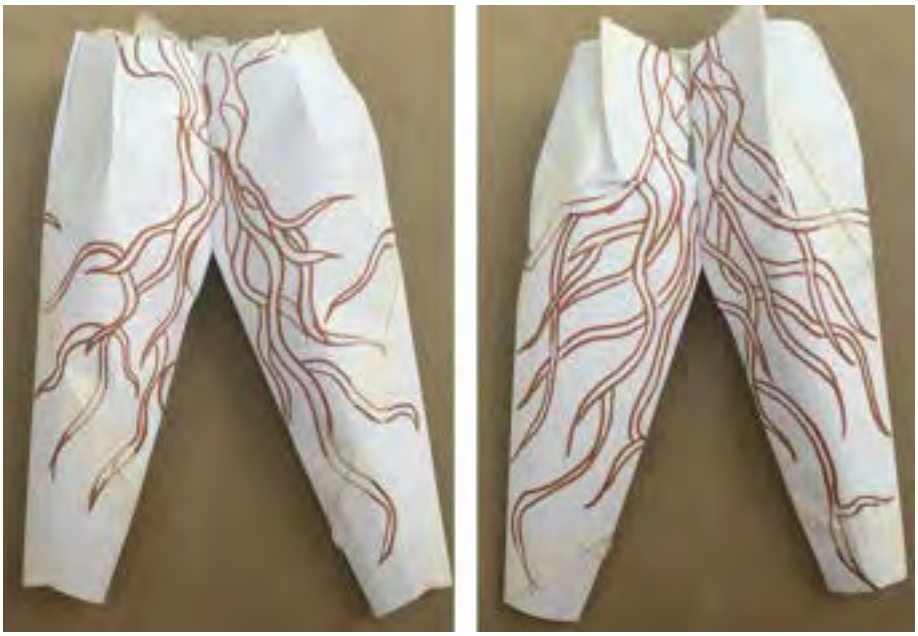
SEQUÊNCIA OPERACIONAL DA CALÇA ESPIRAL COM ELÁSTICO NO CÓS E BOLSOS CHAPADOS	MÁQUINA
Passo 1: Fechar a perna da calça, unindo o lado que está enviesado com o lado reto, começando pelas costas da calça até o final do comprimento. Repetir a mesma operação com o outro lado.	Reta e overloque
Passo 2: Pregar bolsos nas laterais da calça.	Reta
Passo 3: Unir gancho das pernas da calça.	Reta e overloque
Passo 4: Preparar cós com elástico separadamente.	Reta

Passo 5: Pregar cós com elástico na cintura da calça.	Reta e overloque
Passo 6: Fazer bainha.	Reta

Fonte: Elaborado pelos autores Arilson Gomes Júnior e Marilene Rocha (2021).

A projeção de uma estampa de engenharia para esta calça com elástico no cós foi realizada, mas, devido ao pouco tempo, não foi possível testá-la no tecido, sendo testada apenas no papel em uma escala reduzida, para a criação de uma estampa que se encaixasse nas costuras. Esta etapa foi proposta para que fosse possível idealizar como ficaria a junção da modelagem da calça espiral com as técnicas de aplicação da estampa de engenharia pelo olhar da metodologia *Zero Waste*. Segue abaixo, na figura 35, a estampa criada de forma manual.

Figura 35 – Estampa de engenharia frente e costas para a calça espiral com elástico no cós.



Fonte: Elaborado por Arilson Gomes Júnior (2021).

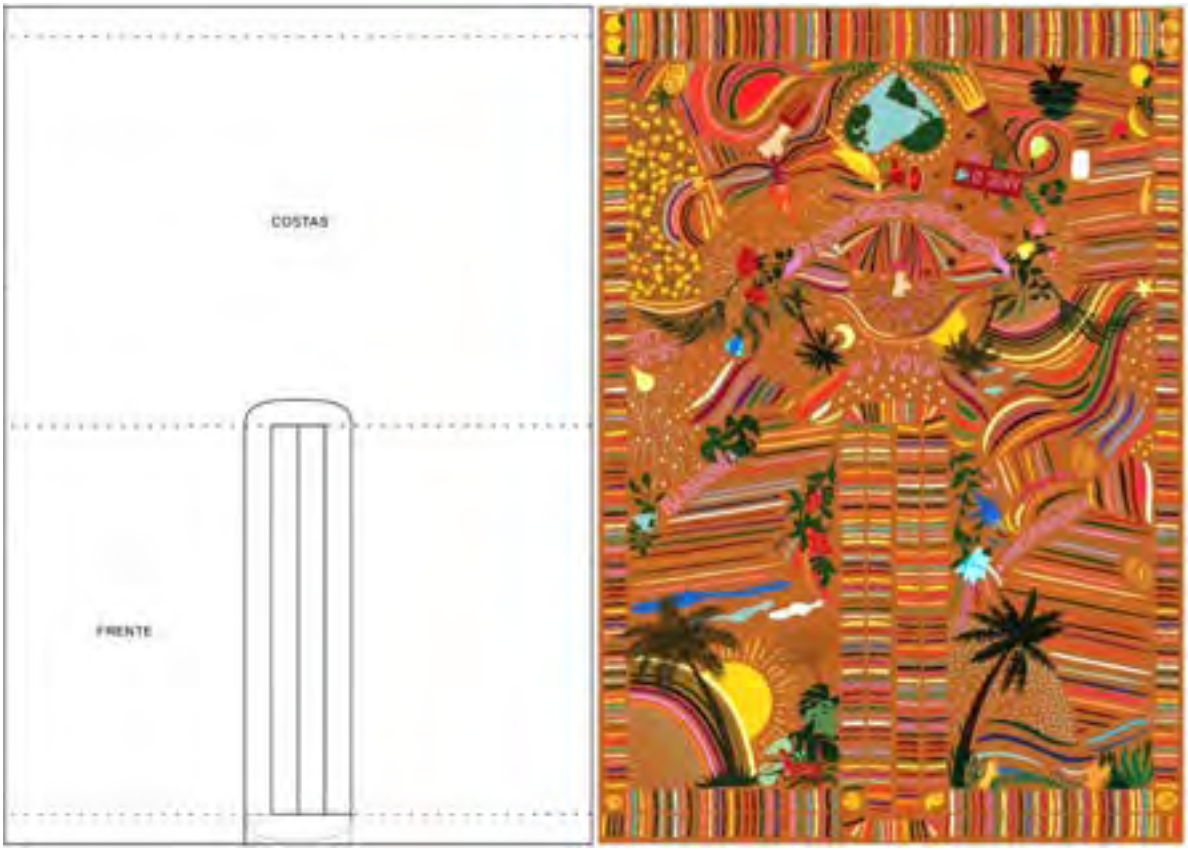
Ao fim, após todos os testes e prototipagens, pôde-se verificar que, após as devidas modificações, a modelagem proposta para a calça espiral se adequa perfeitamente bem, tanto com a aplicação de elástico no cós quanto com as pregas que se adequam à silhueta.

3.6 Estampas de engenharia na modelagem *Zero Waste* para sublimação

Para a produção das estampas mediante a técnica de estamparia sublimação, por meio do maquinário da instituição SENAI CETIQT, foi necessário adequar-se em relação à área de impressão, indo de 160 cm de largura a 248,753 cm. Sendo assim, a modelagem Zero Waste da

legging precisou ser girada em 90 graus, e a docente Bruna Luz realizou modificações na modelagem do quimono (figura 36), principalmente em relação às mangas, para o aproveitamento total do tecido.

Figura 36 – Adequação do quimono em relação à largura do tecido.



Fonte: Elaborado pela autora Bruna Luz (2021).

Na sequência, como observa-se na figura 37, está o encaixe das três modelagens: a calça legging desenvolvida por Fernanda Vaz, a saia evasê da Maria Clara Engel e o quimono da docente Bruna Luz.

Figura 37: Imagem com as 3 modelagens para impressão.



Fonte: Elaborado pelas autoras Maria Clara, Fernanda Vaz e Bruna Luz (2021).

Na figura 38, observa-se o protótipo estampado do quimono, cujo corte do tecido foi facilitado pelo desenho da estampa de engenharia, evidenciando os moldes.

Figura 38 – Protótipo estampado do quimono.



Fonte: Elaborado pelas autoras Bruna Luz e Marilene Rocha (2021).

3.7 Editorial

O Editorial das peças produzidas neste estudo de Iniciação Científica Acadêmica foi realizado no campus do SENAI CETIQT, localizado no bairro da Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro. As fotos são de Arilson Gomes Júnior, as modelos são Maria Clara Engel e Verônica Viapiana e as edições e design foram feitos por Bruna Luz.

Vale lembrar que, devido aos protocolos de segurança em relação ao COVID-19 (Coronavírus), todos utilizaram máscaras de proteção durante a feitura do projeto. Após a realização das fotos, foi criado um *template* (figura 39) para apresentar os resultados dessa pesquisa no Simpósio IC 2022, um evento virtual que teve como objetivo apresentar para o público os resultados dos projetos de pesquisa de moda e engenharias desenvolvidos em 2021, além de reconhecer o trabalho realizado pelos alunos e orientadores do SENAI CETIQT.

Figura 39– Material divulgado no Simpósio IC 2022, SENAI CETIQT.





Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do trabalho, pôde-se concluir que a análise da técnica de modelar aplicando a metodologia *zero waste*, juntamente à técnica de Engenharia de Estampa voltada para a criação de produtos do vestuário, foi de suma importância, visto que o mercado busca soluções mais conscientes; porém, o processo de produção precisa ser mais cauteloso.

As peças foram analisadas de forma individual, porque cada produto terá um tempo específico de produção. Desse modo, encontrou-se, neste modelo, um meio de concretizar alternativas mais sustentáveis para a produção de vestuário.

De acordo com os experimentos realizados, foi possível notar que certos produtos podem ser confeccionados sem problema algum, já que a maioria das peças não perde sua qualidade, nem mesmo conforto e durabilidade. Apesar disso, nem todas podem ser vendidas em grande escala, como é o caso da calça em espiral com pregas na cintura, que mostrou ter uma complexa elaboração devido à alta demanda de tempo na costura, o que aumenta o tempo de produção da peça.

Essa forma de montagem com pregas na cintura, tipo calça social, seria mais viável para uma produção menor em atelier, que normalmente cria produtos mais personalizados para o cliente que está disposto a pagar um valor mais elevado por esses diferenciais. O preço mais alto está ligado ao fato de que a mão de obra pode ser mais cara do que o material e o tempo de

desenvolvimento ser muito maior. Já a mesma modelagem de calça espiral com elástico na cintura e bolso externo seria mais viável para produção em grande quantidade, por ter uma sequência operacional mais simplificada.

Em relação à saia, sua execução é simples. Mas, como grande parte da costura é no tecido enviesado, principalmente em larga escala de produção, deve-se ter maior atenção ao realizar a operação de costura nas laterais para não deslocar a estampa. Quanto menos o desenho passar pelas costuras, ou mais abstrato ou simplificado ele for, mais fácil e menor será a demanda de tempo para a produção da peça.

No tocante às demais peças produzidas, o desenvolvimento do quimono não apresentou muitas complicações em sua elaboração, desde a estampa de engenharia até a produção, já que foi cortado em uma malha que não precisava de acabamentos, uma vez que não desfia. A peça teve sequência operacional menor e com poucas costuras, apenas nas laterais e partes da bainha. O mesmo ocorreu com a legging, que também se mostrou bem comercial, com facilidade de criar a estampa de engenharia e de se adaptar para diferentes tamanhos, com exceção do uso do cós de elástico, que não funcionou muito bem, conforme foi analisado, sendo substituído por um cós sem elástico.

Essas mesmas modelagens estudadas foram apresentadas em um curso criado pela autora Marilene Rocha denominado "Modelagem *Zero Waste*", ofertado no site do SENAI CETIQT (disponível em https://cursos.cetiqt.senai.br/zero-waste.html) na modalidade de ensino a distância (EAD), com o objetivo de identificar o mesmo método analisado no presente estudo, a modelagem *Zero Waste*, para reconhecer como são desenvolvidos os produtos através dessa metodologia. Vale ressaltar que esse curso serviu como etapa inicial para este projeto.

Além disso, os resultados desses estudos também serviram como material didático para uma disciplina optativa denominada "Modelagem *Zero Waste*", do Curso de Bacharelado em Design, também da Faculdade SENAI CETIQT, ministrada pela professora Marilene Rocha. Dessa forma, espera-se que este artigo sirva de fomento a novas ideias e projetos, tais como os citados acima.

Então, entende-se que a técnica *zero waste* poderá sofrer alterações, devido à particularidade de cada tecido usado, assim como a estampa de engenharia nem sempre irá se conectar perfeitamente, pois dependendo do modelo do produto, esse processo pode sofrer dificuldades no momento da criação da estampa e da confecção da peça. Mas, de um modo geral, viu-se que são técnicas sustentáveis que, se usadas em conjunto, irão gerar produtos sem resíduos têxteis e que transformarão e impactarão o mercado da moda de uma forma positiva para os conceitos de sustentabilidade. Por fim, sugere-se que esta pesquisa possa prosseguir para adequar as modelagens e estampas para outros públicos, como o *plus size* e infantil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10520: Informação e documentação: Citações em documentos: Apresentação. São Paulo, 2023.

_____. NBR-14724: Informação e documentação: Trabalhos Acadêmicos: Apresentação. São Paulo, 2011.

_____. NBR-6023: Informação e documentação: Referência: Elaboração. São Paulo, 2018.

_____. NBR-6024: informação e documentação: Numeração progressiva das seções de um documento escrito: Apresentação. São Paulo, 2012.

BREVE, Danilo; MENDES, Francisca. Design de roupas zero waste por meio da ferramenta CAD. In: CONGRESSO INTERNACIONAL NEGÓCIOS DA MODA, 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Abepem, 2017. p. 26-28. Disponível em: https://docplayer.com.br/64602406-Design-de-roupas-zero-waste-por-meio-da-ferramenta-cad.html. Acesso em: 01 dez. 2021.

CONTINO, Joana Martins et al. A estampa de engenharia e suas aplicações no design de moda contemporâneo. In: COLÓQUIO DE MODA, 12., 2016, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: Abepem, 2016. p. 1-14. Disponível em: http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%202016/COMUNICACAO-ORAL/CO-06-Processos-Produtivos/CO-06_A-ESTAMPA-DE-ENGENHARIA-E-SUAS-APLICACOES.pdf. Acesso em: 01 dez. 2021.

FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. **Moda & sustentabilidade**: design para mudança. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011.

HAYWOOD, Liz. **Zero waste fashion jacket sketch**. 2016. Disponível em: https://lizhaywood.com.au/considering-zero-wastefashion/zero-waste-fashion-jacket-sketch/. Acesso em 12 out. 2021.

LASCHUK, Tatiana; RUTHSCHILLING, Evelise Anicet. Engineered Print: o uso integrado da estamparia digital com a modelagem. In: COLÓQUIO DE MODA, 9., 2013, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Abepem, 2013. p. 1-16. Disponível em: http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%202013/ARTIGOS-DE-GT/Artigo-GT-Design-e-Processos-de-Producao-em-Moda/Engineered-Print-o-uso-integrado-da-estamparia-digital-com-a-modelagem.pdf. Acesso em: 01 dez. 2021.

MURRAY, Robin. Zero Waste. **Londres**: Greenpeace Environmental Trust, 2002. Disponível em: http://www.zerowasteeurope.eu/wp-content/uploads/2011/04/zerowaste-by-robin-murray.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

RISSANEN, Timo. **Zero-waste fashion design**: a study at the intersection of cloth, fashion design and pattern cutting. 2013. Disponível em: <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/23384>. Acesso em: 12 out. 2020.

RISSANEN, Timo; MCQUILLAN, Holly. **Zero waste fashion design**. [s. l.]: Fairchild Books, 2016.

Geração de hidrogênio em catalisadores $Ni/CeO_2/Al_2O_3$ a partir da oxidação parcial do propano



GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CATALISADORES Ni/CeO_2/Al_2O_3 A PARTIR DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO PROPANO

HYDROGEN GENERATION OVER Ni/CeO_2/Al_2O_3 CATALYSTS FROM PROPANE PARTIAL OXIDATION

Alex Vazzoler
Professor Faculdade SENAI CETIQT. vazzoleralex@hotmail.com

RESUMO

A oxidação parcial do propano foi estudada em catalisadores de níquel suportados em Al_2O_3, CeO_2 e CeO_2/Al_2O_3. A céria foi preparada pelos métodos de ancoragem e impregnação úmida para recobrimento do suporte alumina. O níquel foi sintetizado por impregnação via ponto úmido em todos os suportes. Ambos foram avaliados na respectiva reação e caracterizados por medidas de FRX, análise textual (BET), DRX, TPR, FTIR, Quimissorção de H_2, TPSR, testes catalíticos isotérmicos e de estabilidade da respectiva reação. Os testes catalíticos demonstraram um grande potencial deste sistema catalítico para a produção de hidrogênio, que gera um gás de saída com elevada relação H_2/CO. A influência positiva de CeO_2 neste sistema deve-se em grande parte à alta atividade na reação de deslocamento de vapor d'água e influência na morfologia das partículas de níquel, sugerindo uma forte interação níquel-céria. Os catalisadores apresentaram desativação em operação contínua com menor deposição de coque em catalisadores com maiores valores de capacidade de armazenagem de oxigênio (OSC). Por meio das caracterizações e dos testes, notou-se que a capacidade de OSC da céria impacta significativamente nos valores de atividade catalítica.

Palavras-chave: oxidação parcial; propano; geração de hidrogênio; níquel.

ABSTRACT

The propane partial oxidation was studied in nickel supported on Al_2O_3, CeO_2 and CeO_2/Al_2O_3. The ceria was prepared by grafting and wet impregnation methods to cover the alumina support. The nickel was synthesized by wet impregnation in all supports. The reaction was evaluated by FRX measurements, texture analysis (BET), DRX, TPR, OSC, FTIR, H_2 chemisorption, TPSR, isothermal and stability catalytics tests in the respective reaction. The catalytic tests of this system showed great potential to produce hydrogen gas in function of higher H_2/CO ratio values in the reactor's output current. The positive influence of CeO_2 in this system is related to its high activity as a promoter to the water-gas shift reaction and its influence on the particle morphology of nickel, suggesting a strong interaction between nickel and ceria. The catalysts suffered deactivation during the continuous operation with a lower coke deposition on catalysts with higher OSC capacity. Besides, the characterizations and catalytic tests showed the oxigen storage capacity (OSC) impacts significantly the values of catalytic activity.

Keywords: partial oxidation; propane; hydrogen generation; nickel.

Data de submissão: 15/09/2023
Data de aprovação: 18/09/2023

1. INTRODUÇÃO

Em termos de uso industrial, uma das reações mais importantes para a produção de hidrogênio é a reforma a vapor do metano, considerada a rota principal para a fabricação do elemento. O catalisador comercial utilizado nesta reação e em outras reações de oxidação é o níquel suportado em alumina, com ou sem promotores. Outros catalisadores incluem metais nobres como a platina, o paládio e o ródio, porém são substancialmente mais caros.

Dos possíveis caminhos para a produção de hidrogênio, a oxidação parcial é uma excelente opção pelo fato de apresentar leve exotermicidade e produzir uma quantidade considerável de hidrogênio com custo inferior, se comparada aos demais processos de reforma catalítica (Lintz & Müller, 2009).

Dentre as opções de matérias-primas, o propano se mostra mais viável, pois é o componente majoritário da mistura de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), obtido durante o refino de petróleo nas Unidades de Destilação Atmosférica (UDA) ou nas Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN). Sua composição pode variar de acordo com as características do poço de exploração, sendo composto geralmente por 40% de propano e 60% de butano, além de que apresentar fácil transporte e armazenamento, a pressões de aproximadamente 9 bar.

Portanto, devido à disponibilidade e infraestrutura existentes, o propano se manifesta como uma matéria-prima acessível para a produção de hidrogênio que gera energia em locais distantes, principalmente em escolas, hospitais e indústrias de pequeno porte. Ademais, o GLP apresenta algumas vantagens em relação a hidrocarbonetos mais pesados, como uma menor taxa de desativação dos catalisadores, devido à deposição de coque, e uma concentração relativamente baixa de enxofre, que promove o envenamento dos catalisadores em reações de oxidação parcial e reforma (Farrauto, 2014).

Gradativamente, os estudos de catalisadores de metais não nobres, como o cobalto, rutênio, cobre e níquel, adquirem maior relevância em função do menor custo. Dessa forma, deve-se buscar o desenvolvimento de catalisadores mais eficientes por meio da adição de promotores, já que tais subtâncias podem aumentar a atividade catalítica, seletividade e estabilidade dos respectivos sistemas (Friedlander *et al*., 1977).

Neste artigo, utiliza-se, como promotor, o óxido de cério (CeO_2), também conhecido como céria, em catalisadores de níquel do tipo $Ni/CeO_2/Al_2O_3$. Esse óxido possui uma série de propriedades, que serão discutidas mais adiante, e permite ao catalisador atingir melhores resultados em termos de atividade, seletividade e estabilidade térmica e química (Vazzoler, 2013).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Preparação de amostras

O suporte alumina γ-Al_2O_3 (Al_2O_3) foi fornecido pela Petrobrás s.a. O suporte céria (CeO_2) foi sintetizado pela metodologia descrita por Da silva et al. (2017). Já o suporte CeO_2/Al_2O_3 foi sintetizado por duas metodologias distintas: impregnação via ao ponto úmido (Ce/Al) (F. A. Silva et al., 2008) e por meio de seis ancoragens sucessivas (Ce_6A/Al) (MONTEIRO et al., 2001) (4). Os quatro catalisadores de níquel, Ni/Al_2O_3 (Ni/Al), Ni/CeO_2 (Ni/Ce), $Ni/CeO_2/Al_2O_3$ (Ni/Ce/Al e Ni/Ce_6A/Al), foram sintetizados via impregnação ao ponto úmido utilizando a metodologia descrita por Alberton *et al*., 2007.

2.2 Caracterização dos materiais

Os materiais sintetizados foram caracterizados por Fluorescência de Raios X (FRX), Difração de Raios X (DRX), fisissorção de N_2, espectroscopia de reflectância difusa na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier das Hidroxilas Superficiais da Alumina (DRIFTS), Redução à Temperatura Programada (TPR), quimissorção de hidrogênio e Reação Superficial à Temperatura Programada (TPSR).

A composição química dos catalisadores foi determinada pela técnica de fluorescência de raios X, empregando-se um espectrômetro Rigaku (modelo Rix 3100) com tubo de ródio. Pastilhas de catalisador, contendo aproximadamente 0,600 g, foram analisadas sem pré-tratamento sob vácuo.

As análises de difração de raios X foram realizadas em um difratômetro Rigaku (modelo Miniflex) utilizando radiação de cobre (CuK, λ = 1,5418 Å) e um filtro de Ni.

A caracterização textural dos materiais foi realizada em um equipamento ASAP 2020 (Micromeritics®). Antes da análise, cerca de 200 mg da amostra foram submetidas a um pré-tratamento sob vácuo a 300 °C por 20 horas. As medidas de adsorção foram realizadas na temperatura do N_2 líquido.

Para o estudo da quimissorção de H_2, empregou-se o método estático, conduzido em um aparelho ASAP 2000C da Micrometrics. Após o vácuo a 200°C, por 1 hora, as amostras foram reduzidas sob fluxo de H_2 puro a 550 °C, por 1 hora. Após a determinação da isoterma total, foi feito vácuo na mesma temperatura, por 1 hora, e mediu-se a adsorção reversível.

Para o acompanhamento da reação de ancoragem, foram feitas as análises de Espectroscopia no Infravermelho (FTIR) em um aparelho System 2000 FTIR da Perkin Elmer, adotando-se a metodologia de Van Veen et al. (1989).

As análises de TPR foram realizadas em um reator de quartzo acoplado a um Detector de Condutividade Térmica (TCD) por meio de linhas de alimentação de 10% H_2/Ar e Ar puro. Primeiramente, utilizou-se o mesmo pré-tratamento das análises de FTIR dos catalisadores (100 mg). Estabeleceu-se, então, uma rampa de aquecimento até 1000 oC, a uma taxa de 10 oC /min, sob fluxo de 30 ml/min de uma mistura 10% de H_2/Ar.

Medidas de TPSR foram realizadas em uma unidade multipropósito equipada com um espectrômetro de massas (Balzers Prisma – QMS 200). As massas monitoradas continuamente foram m/z = 2, 28, 29, 32 e 44, correspondentes, respectivamente, a H_2, CO, C_3H_8, O_2 e CO_2. Designou-se, em seguida, uma rampa de aquecimento até 900 oC, a uma taxa de 10 oC /min, sob fluxo de 150 ml/min de uma mistura 1% de $C3H_8$ e 1,5% de O_2 diluídos em hélio.

2.3 Avaliação Catalítica

Pelo fato de a etapa inicial de oxidação ser extremamente exotérmica, o leito catalítico foi preparado com cerca de 10 mg do catalisador diluído em 90 mg de carbeto de silício (SiC), visando evitar a formação de ilhas de calor (hot spots). Primeiramente, realizou-se um pré-tratamento similar às análises de FTIR. Desse modo, os catalisadores sintetizados foram avaliados por meio da reação de oxidação parcial do propano à pressão atmosférica e a diferentes temperaturas de reação (500, 550, 600, 650 e 700 °C). Adicionalmente, foram feitos testes de estabilidade a 650 °C, em função dos altos valores das variáveis de saída.

Os dados reacionais foram monitorados mediante um cromatógrafo a gás (Varian CP-3800) equipado com um Detector de Ionização em Chama (FID) e um Detector por Diferença de Condutividade Térmica (TCD). Foi utilizada uma coluna capilar Haye Sep D 100/120 # (21ft; 1/8 D.E.). O gás hélio foi utilizado para arraste com vazão de 25 mL.min-1, sendo o injetor mantido a 250 °C e o detector a 200 °C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES: CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A composição química dos catalisadores foi determinada por Fluorescência de Raios X (FRX). Os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos catalisadores sintetizados.

Amostra	% Ni	% CeO_2
Ni/Al	10,9	0,70
Ni/Ce	11,1	0,57
Ni/Ce/Al	10,8	11,7
Ni/Ce_{6A}/Al	10,4	11,5

As propriedades texturais das amostras sintetizadas, obtidas por meio das análises de fisissorção de N_2, são apresentadas na Tabela 2:

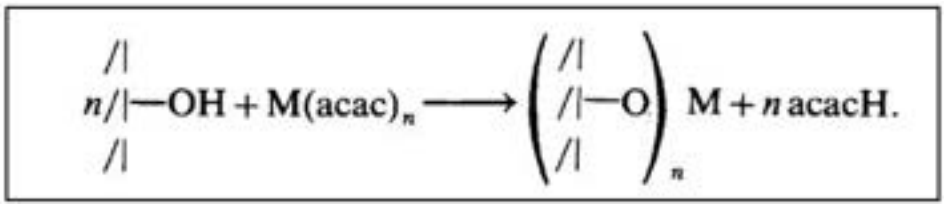
Tabela 2 - Propriedades texturais das amostras sintetizadas.

Amostra	S_{BET} (m^2/g)	V_p (cm^3/g)	d_p (nm)
Al_2O_3	159	0,45	112
CeO_2	36	0,11	118
Ce/Al	117	0,32	92
Ce_{3A}/Al	146	0,43	89
Ce_{6A}/Al	148	0,42	84
Ni/Al	126	0,37	116
Ni/Ce	41	0,1	92
Ni/Ce/Al	87	0,24	98
Ni/Ce_{6A}/Al	94	0,29	94

Para a amostra Ce/Al, observa-se uma redução da área e de volume de poros em relação ao Al_2O_3. Este fato deve-se ao recobrimento superficial das partículas de alumina por CeO_2 e a obstrução dos poros da alumina (Fu *et al*., 2021). Já para a amostra Ce_6A/Al, o precursor acetilacetonato de cério reage com os grupamentos hidroxila superficiais da alumina de forma que a perda de área é menos significativa.

Na Figura 1, observa-se a hidroxila superficial da alumina reagindo com o complexo acetilacetonato (solubilizado em tolueno), levando à formação do metal (M) altamente disperso sobre a superfície da alumina (Van Veen *et al.,* 1989).

Figura 1 - Ancoragem de complexos de acetilacetonato em alumina (Van Veen et al., 1989).

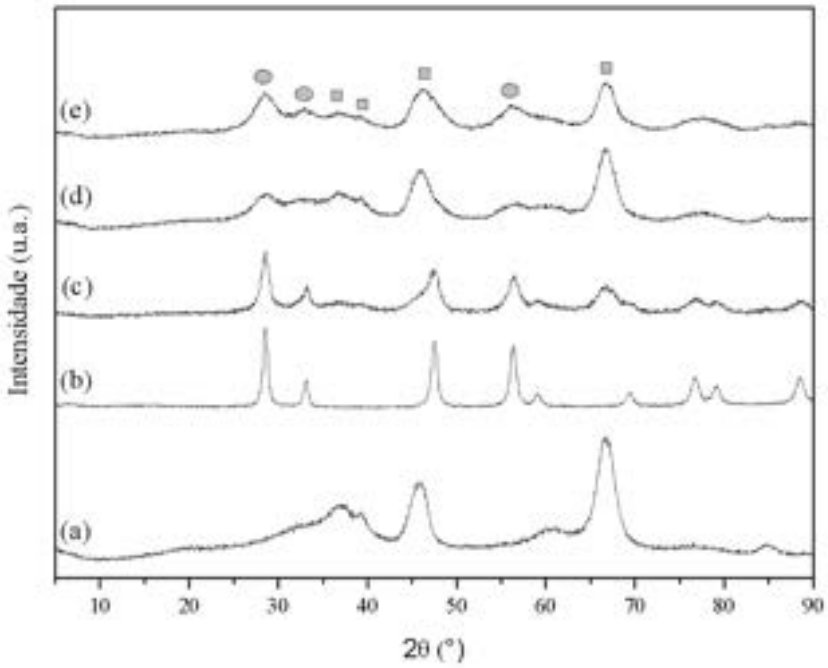


Para os catalisadores que contêm óxido de níquel (NiO), sintetizados via impregnação ao ponto úmido, nota-se uma diminuição na área e no volume de poros devido à formação de aglomerados de NiO na superfície e no interior dos poros dos suportes (5).

Os difratogramas dos suportes são apresentados na Figura 2 abaixo. É possível identificar as linhas de difração correspondentes à γ-Al_2O_3 (2θ: 36.4, 39.4, 46.4 e 66.7°) em todos os suportes. Como esperado, para as amostras CeO_2, Ce/Al, Ce_3A/Al e Ce_6A/Al, verificou-se a presença dos picos de difração referentes à céria (CeO_2) em 2θ: 28,62°; 33,19°; 47,56° e 56,43°. Nota-se que a amostra Ce_6A/Al possui os picos referentes ao CeO_2 maiores e os da γ-Al_2O_3 menores que os da amostra Ce_3A/Al.

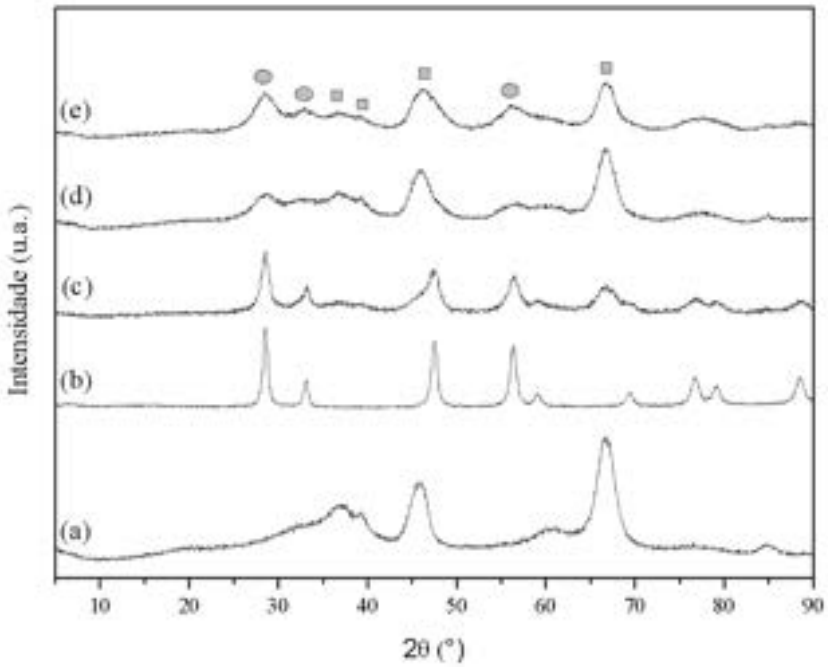
Tal fato indica que houve maior recobrimento da alumina com partículas de CeO_2. Não obstante, a amostra Ce/Al apresentou modificações morfológicas em relação à alumina no difratograma, o que indica a presença de aluminato de cério ou de espécies de forte interação (Van Veen *et al*., 1989).

Figura 2 - Difratogramas dos suportes: (a) Al_2O_3, (b) CeO_2, (c) Ce/Al, (d) Ce_3A/Al e (e) Ce_6A/Al. (□) Al_2O_3, (○) CeO_2.



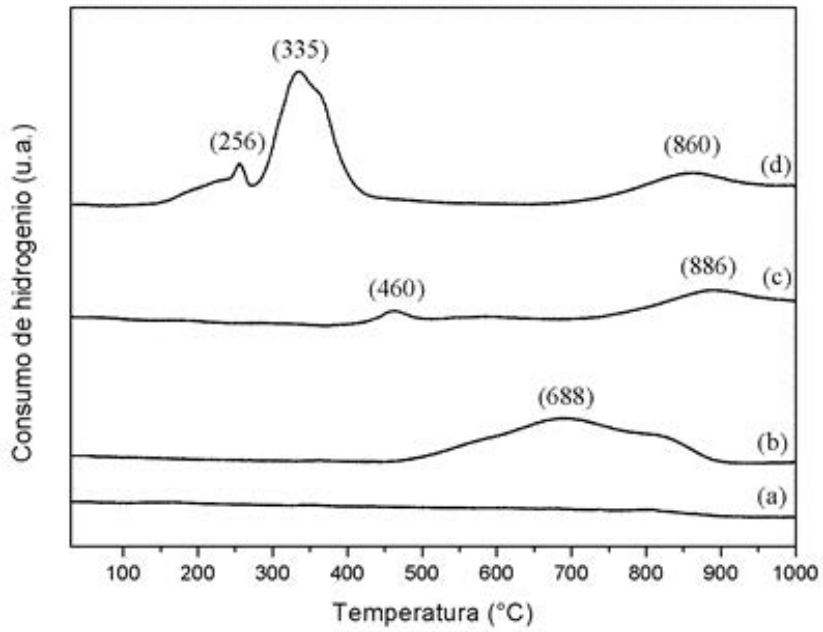
A Figura 3 apresenta as amostras calcinadas que contêm óxido de níquel, NiO (NiO - PDF#47-1049). Os picos de difração correspondentes ao óxido de níquel (NiO) de face cúbica (200), com 2θ igual a 43.3º, e NiO (220), com 2θ igual a 62.8º, foram identificados nestas amostras. Todavia, não se pôde identificar o pico de difração de maior intensidade referente ao NiO (111) nas amostras suportadas em alumina, devido à sobreposição desse pico a 37,2º com a linha da γ-alumina em 37,2º (Alberton *et al*., 2007).

Figura 3 - Difratogramas das amostras contendo níquel: (a) Ni/Al, (b) Ni/Ce, (c) Ni/Ce/Al, (d) Ni/Ce$_6$A/Al. (□) Al_2O_3, (○) CeO_2, (▽) NiO.



A Figura 4, a seguir, apresenta os perfis de redução dos catalisadores Ni/Al e Ni/Ce e seus respectivos suportes

Figura 4 - Perfis de redução dos catalisadores de níquel suportado em alumina e céria e seus respectivos suportes: (a) Al_2O_3, (b) Ni/Al, (c) CeO_2 e (d) Ni/Ce.



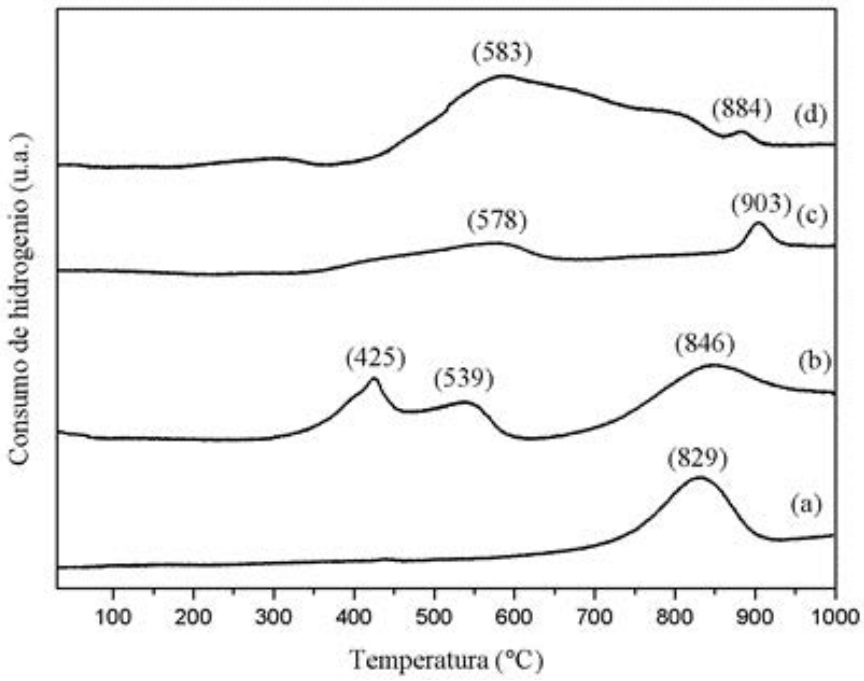
Pode-se observar um pico largo relativo à redução do NiO no catalisador Ni/Al, que se desdobra em três ombros menores correspondentes às temperaturas de 570°C, 688°C e 815°C, respectivamente: óxido de níquel mássico (bulk), óxido de níquel em alta interação com o suporte e o último está relacionado à redução de aluminato de níquel.

Já o perfil de redução da céria é bimodal, de forma que o primeiro pico de redução corresponde à diminuição de espécies não estequiométricas, de fraca interação. O segundo pico corresponde à redução estequiométrica da céria mássica e da mudança do estado de oxidação de Ce_4+ para Ce_3+. E, à medida que a área específica da céria aumenta, o primeiro pico tende a aumentar e o segundo a diminuir (Varkolu *et al.,* 2021).

Para o catalisador Ni/Ce, o perfil de TPR apresenta dois picos atribuídos à redução do NiO. O primeiro, a 256 °C, corresponde às espécies em fraca interação com o suporte, e o segundo, a 335 °C, às espécies em forte interação. Outra etapa de redução ocorre a 860°C, que indica a redução estequiométrica do CeO_2 do suporte (Friedlander *et al*., 1977).

A Figura 5 apresenta os perfis de redução dos catalisadores promovidos por CeO_2 e seus respectivos suportes.

Figura 5 - Perfis de redução dos catalisadores promovidos por CeO_2 e dos seus respectivos suportes: (a) Ce/Al, (b) Ni/Ce/Al, (c) Ce_6A/Al e (d) Ni/Ce_6A/Al.



Nota-se que o suporte Ce_6A/Al possui o seu primeiro pico de redução substancialmente maior que o segundo, diferentemente do suporte Ce/Al, no qual a céria está impregnada, o que pode significar que a céria sintetizada por ancoragem (Ce_6A/Al) possui maior valor de área específica do que a céria impregnada (Ce/Al) (10).

Para os catalisadores metálicos, os perfis de TPR (Figura 5) mostram que a redução se inicia por volta de 400°C e continua até 900°C. O primeiro pico representa o NiO mais exposto ou mais acessível à redução, de fraca interação, enquanto a redução a temperaturas mais altas representa espécies NiO de alta interação com o suporte (9). A presença de um pico de consumo de hidrogênio a 900°C deve-se à redução de espécies de CeO_2 de alta interação ou de aluminato de cério, $CeAlO_3$ (Silva *et al*., 2008).

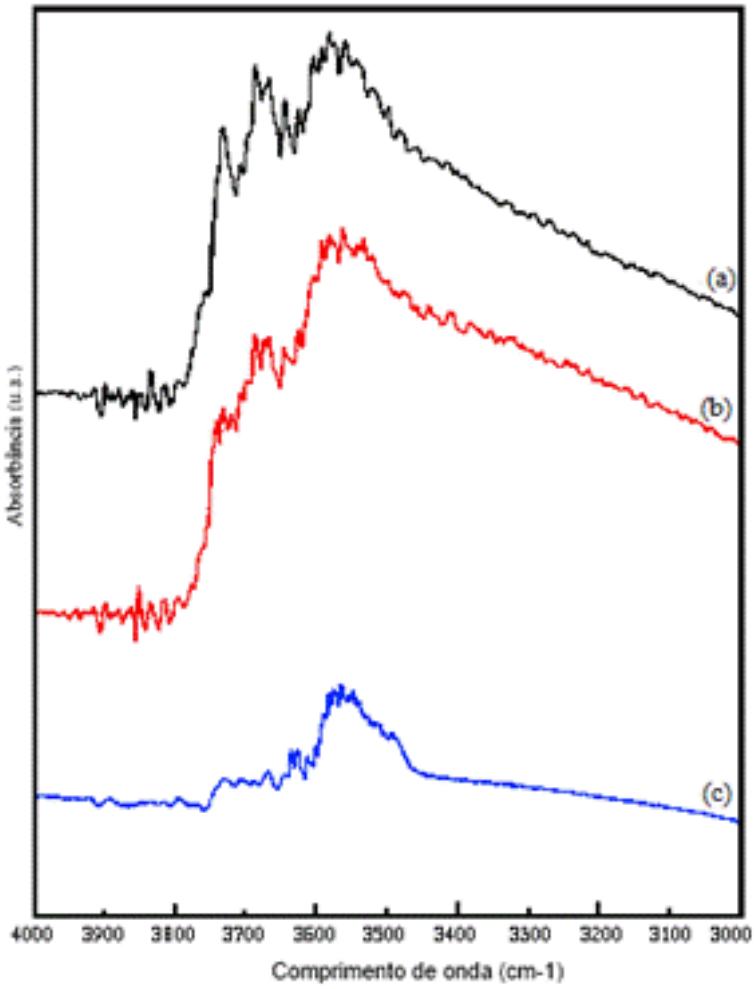
As medidas de dispersão metálica de níquel (DNi) foram realizadas por meio das análises de quimissorção de hidrogênio. A seguinte ordem foi observada: Ni/Al (11,8%) > Ni/Ce/Al (10,8%) > Ni/Ce_6A/Al (10,4%) > Ni/Ce (6,8%). Kimura et al. (2006) observaram uma melhor dispersão em catalisadores de níquel suportados em alumina (Ni/Al_2O_3) do que nos catalisadores promovidos do tipo $Ni/CeO_2/Al_2O_3$.

A provável explicação é a ocorrência da migração de espécies não estequiométricas de céria (CeO_2-x), originadas durante a etapa de redução do catalisador, para a superfície do metal, recobrindo-o. Já a menor dispersão de níquel no catalisador Ni/Ce pode ser justificada por dois fatores: a menor área específica e a ocorrência de uma forte interação entre o níquel e a céria, atribuída ao efeito de SMSI (Strong Metal-Support Interaction, Forte Interação Metal-Suporte, em português).

O catalisador Ni/Ce apresentou uma dispersão de níquel de 49% a 300°C e 6,8% a 550 °C; tal perda acentuada de área ativa indica que, além da perda de área por sinterização das partículas de níquel, ocorre SMSI durante a redução a 550 °C (Bian *et al.,* 2020).

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos pela espectroscopia na região do infravermelho, na faixa de 4000-3000 cm-1, para monitoramento das bandas de absorção características das hidroxilas superficiais da alumina. Notou-se que a reação se iniciou primeiramente com as hidroxilas nas bandas com maior valor de frequência (3800-3600 cm-1), seguidas pelas bandas de menor valor de frequência (3600-3400 cm-1), hidroxilas básicas e ácidas respectivamente (Silva *et al.,* 2008).

Figura 6 - Espectros de infravermelho (FTIR) na região de absorção dos grupos hidroxila superficiais da alumina: (a) Al_2O_3, (b) Ce_3A/Al e (c) Ce_6A/Al.



Nas três ancoragens seguintes, todas as hidroxilas básicas são consumidas, havendo uma quantidade residual das hidroxilas ácidas que corresponde a aproximadamente 3 OH-/nm_2, já que o teor de CeO_2 de 13% (para o catalisador) consumiria cerca de 7 OH-/nm_2 (Van Veen et al., 1989).

Observou-se que utilizar teores de CeO_2 superiores a 13% implica perda de área específica e diminuição de volume de poros do catalisador devido à formação de aglomerados cristalinos de CeO_2 (Varkolu et al., 2021).

As figuras 7 e 8, a seguir, apresentam os perfis de distribuição de produtos dos catalisadores NiCe/Al e Ni/Ce_6A/Al, respectivamente.

Figura 7 - Perfil de TPSR do catalisador Ni/Ce/Al.

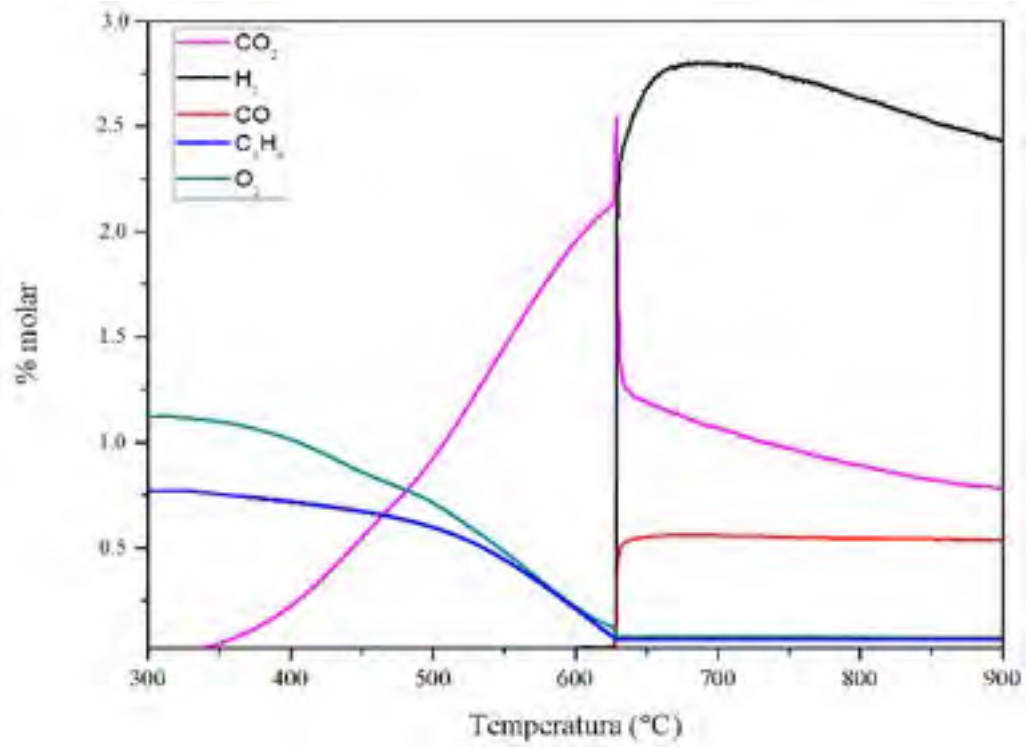
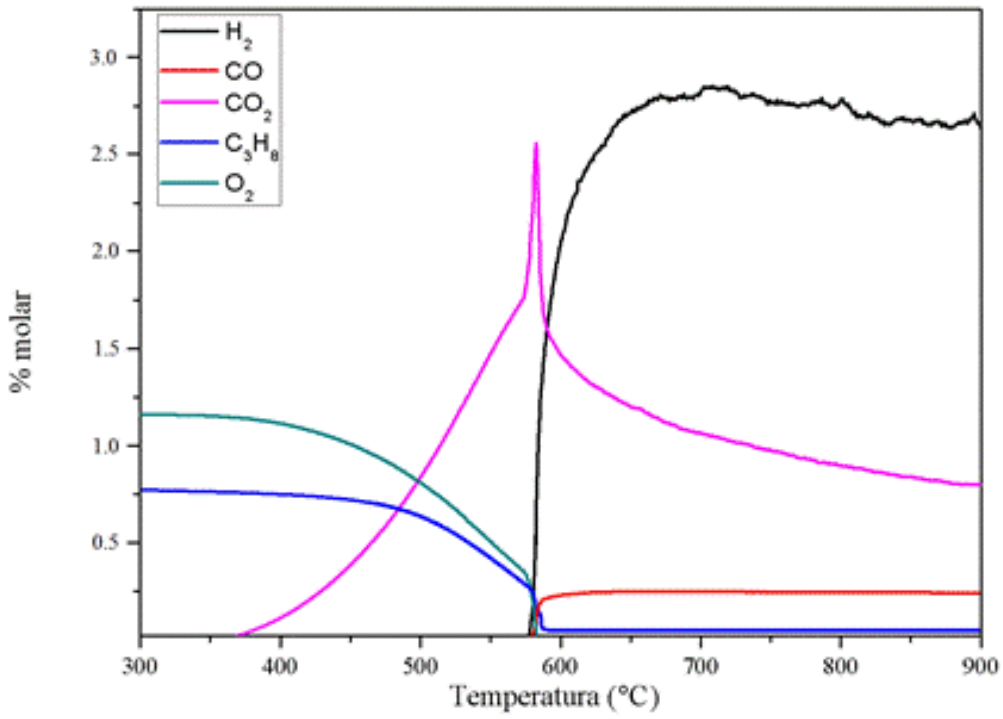


Figura 8 - Perfil de TPSR do catalisador Ni/Ce$_6$A/Al.



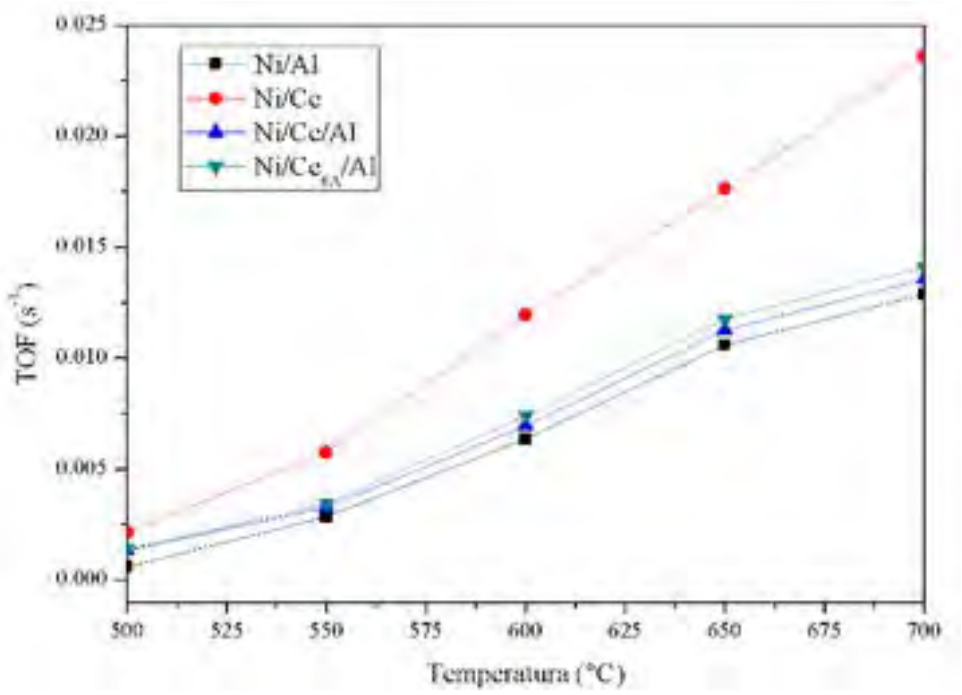
Em ambos os catalisadores, os perfis apresentam três intervalos de temperatura:

- O primeiro intervalo, em que ocorre somente a oxidação total de propano, de 342 a 632 °C e de 368 a 576 °C, observada por meio da redução dos sinais de C_3H_8 e O2 e pelo aumento do sinal de CO_2;
- O segundo intervalo, de 632 a 695 °C e de 576 a 708 °C, corresponde às reações de oxidação total e reações de reforma a vapor e reforma seca, que provocam aumento no sinal do hidrogênio e diminuição no sinal de CO_2, respectivamente;
- O terceiro intervalo, de 695 a 900 °C e de 708 a 900 °C, engloba todas as reações anteriores e, adicionalmente, se observa a diminuição do sinal de H_2, possivelmente relacionada à ocorrência da reação de deslocamento gás-água reversa. Portanto, a oxidação parcial de propano ocorre via mecanismo indireto (Hognon *et al*., 2018).

Nota-se um deslocamento de cerca de 70°C, para menores temperaturas, do catalisador Ni/Ce_6A/Al em relação ao catalisador Ni/Ce/Al devido à alta dispersão de CeO_2 em sua superfície (Alberton *et al*., 2007). A partir das análises de TPSR, definiu-se os seguintes valores de temperatura para os testes isotérmicos com os catalisadores: 500, 550, 600, 650 e 700°C.

A Figura 9 apresenta os valores de taxa específica (TOF) para os testes isotérmicos com os catalisadores metálicos. Foi observada a seguinte ordem de reatividade para os valores de conversão: Ni/Ce_6A/Al > Ni/Ce/Al > Ni/Ce > Ni/Al. O catalisador Ni/Ce/Al possui dispersão de CeO_2 apreciavelmente inferior ao do catalisador Ni/Ce_6A/Al em função dos diferentes métodos de preparo de CeO_2 (Alberton *et al*., 2007).

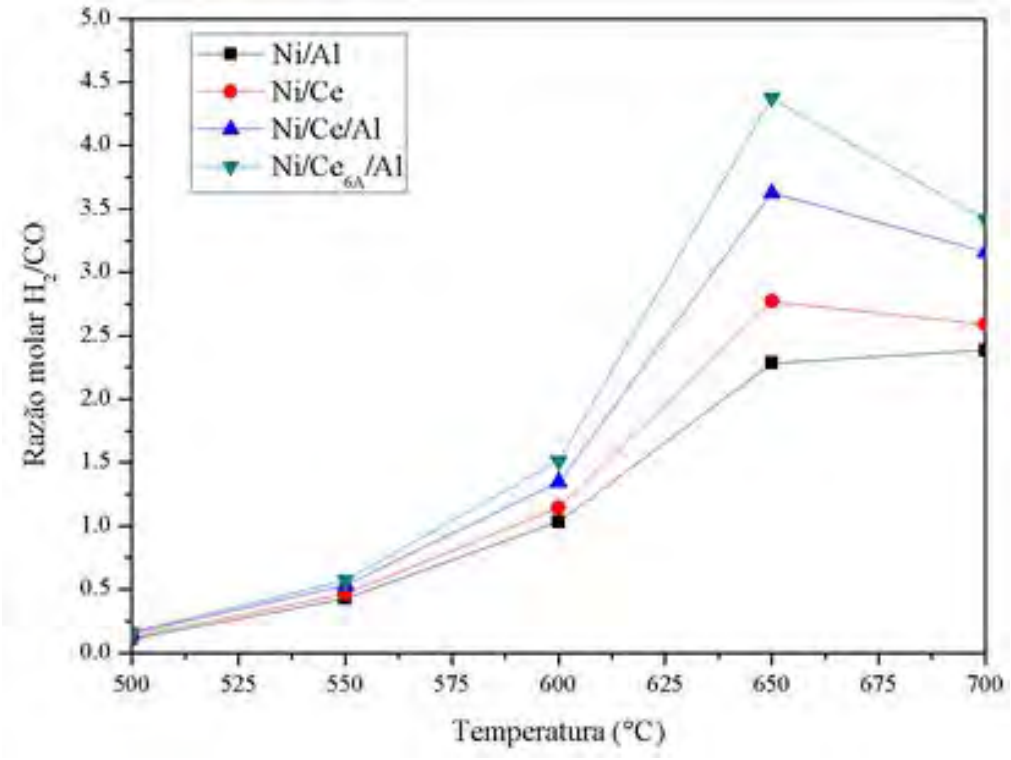
Figura 9 - Valores de taxa específica de reação (TOF) para os testes isotérmicos com os catalisadores metálicos.



Já o catalisador Ni/Al possui valores de taxa específica de reação inferiores aos demais, pois não possui CeO_2 em sua composição. Portanto, esse é um forte indício de que a céria, em função da sua capacidade de OSC, participa fortemente do esquema cinético da reação de oxidação parcial do propano, já que o catalisador Ni/Ce, por possuir um contato íntimo entre as fases Ni-CeO_2, apresentou os maiores valores de taxa específica de reação, apesar de possuir o menor valor de dispersão metálica de níquel.

A Figura 10 apresenta os dados de razão molar H_2/CO para os testes isotérmicos com os catalisadores metálicos.

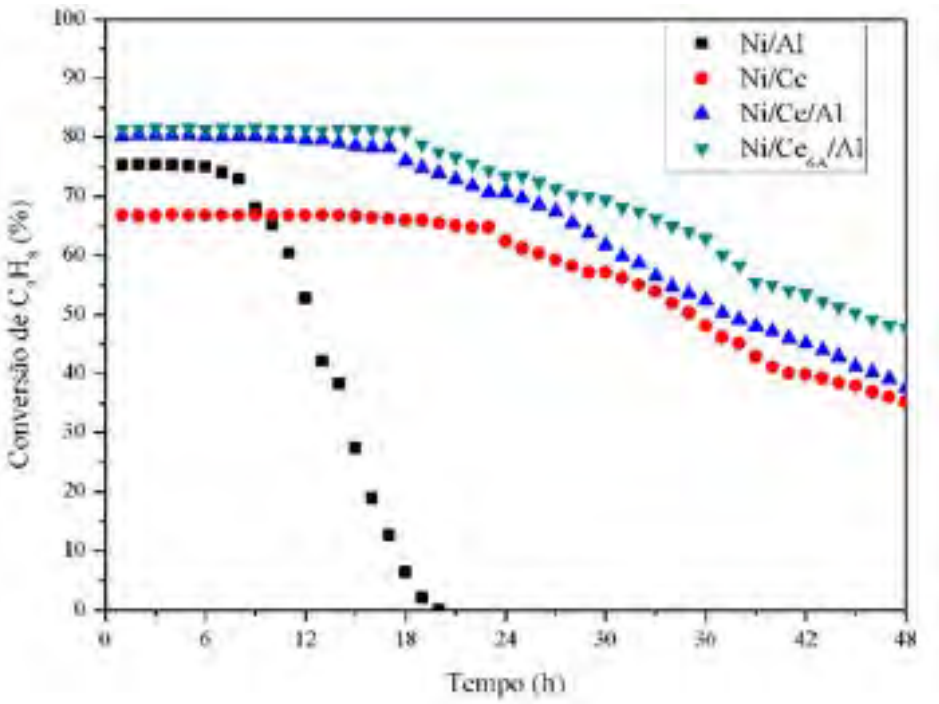
Figura 10 - Dados de razão molar H_2/CO para os testes isotérmicos com os catalisadores metálicos.



Os catalisadores apresentaram esta ordem de reatividade para a produção de hidrogênio na temperatura de 650 °C (seletividade a H_2 e razão molar H_2/CO): Ni/Ce_6A/Al > Ni/Ce/Al > Ni/Ce > Ni/Al. Cabe salientar o papel da céria como promotora da reação de deslocamento gás-água (WGS), já que contribuirá para a formação adicional de H_2 e CO_2 a partir do CO e H_2O.

A Figura 11, a seguir, apresenta os dados obtidos nos testes de estabilidade a 650 °C em condição estequiométrica.

Figura 11 - Conversão de propano durante os testes de estabilidade a 650 °C com razão molar de alimentação O_2/C_3H_8 estequiométrica (R = 1,5).



O catalisador Ni/Ce_6A/Al, sintetizado via ancoragens sucessivas, apresentou menor grau de desativação por deposição de coque do que o catalisador Ni/Ce/Al, em função da maior dispersão de CeO_2. Por outro lado, o catalisador Ni/Ce apresentou um grau de desativação intermediário, o que, provavelmente, se relaciona a efeitos de sinterização e SMSI das partículas de níquel suportadas (Alberton *et al*., 2007).

Por fim, o catalisador Ni/Al desativou totalmente após 20 horas de reação, o que evidencia a acentuada deposição de coque sobre os sítios metálicos do níquel (Friedlander *et al.,* 1977).

4 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados revelam que o catalisador Ni/Ce_6A/Al apresenta um bom potencial para geração de hidrogênio na oxidação parcial de propano, principalmente em função da alta dispersão de CeO_2 em sua superfície. O catalisador Ni/Ce apresentou o maior valor de taxa específica de reação por causa da maior capacidade de armazenagem de oxigênio. Entretanto, o catalisador Ni/Ce_6A/Al mostrou-se o mais promissor em função da melhor estabilidade térmica e química e dos maiores valores de seletividade de H_2 e razão molar H_2/CO para a reação de oxidação parcial do propano.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, A. L.; SOUZA, M. M. V. M.; SCHMAL, M. Carbon formation and its influence on ethanol steam reforming over Ni/Al2O3 catalysts. **Catalysis Today**, [*s. l.*] v. 123, n. 1-4, p. 257–264, Maio 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cattod.2007.01.062. Acesso em: 22/10/2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10520: Informação e documentação: Citações em documentos: Apresentação. São Paulo, 2023.

_____. NBR-14724: Informação e documentação: Trabalhos Acadêmicos: Apresentação. São Paulo, 2011.

_____. NBR-6023: Informação e documentação: Referência: Elaboração. São Paulo, 2018.

_____. NBR-6024: informação e documentação: Numeração progressiva das seções de um documento escrito: Apresentação. São Paulo, 2012.

BIAN, Z *et al*. Morphology dependence of catalytic properties of Ni/CeO2 for CO_2 methanation: A kinetic and mechanism study. **Catalysis Today**, [*s. l.*], v. 347, p. 31–38, Maio 2020. Disponível em: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.04.067. Acesso em:22/10/2023

DA SILVA, A. A. A. *et al*. Effect of the type of ceria dopant on the performance of Ni/CeO_2 SOFC anode for ethanol internal reforming. **Applied Catalysis** B: Environmental, [*s. l.*], v. 206, p. 626–641, Jun. 2017. Disponível em: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.01.069. Acesso em: 22/10/2023

FARRAUTO, R. J. New catalysts and reactor designs for the hydrogen economy. **Chemical Engineering Journal**, [*s. l.*], v. 238, p. 172–177, Fev. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.07.004. Acesso em: 22/10/2023

FRIEDLANDER, A. G.; COURTY, PH. R.; MONTARNAL, R. E. Ammonia decomposition in the presence of water vapor: II. Kinetics of the reaction on nickel catalyst. **Journal of Catalysis**,[*s. l.*], v. 48, n. 1–3, p. 322–332, Jun. 1977. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0021-9517(77)90105-1. Acesso em: 22/10/2023

FU, L. *et al*. Highly stable and selective catalytic deoxygenation of renewable bio-lipids over Ni/CeO_2-Al_2O_3 for N-alkanes. **Applied Catalysis** A: General, [s. l.] v. 623, Ago. 2021. Disponível em: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apcata.2021.118258. Acesso em: 22/10/2023

HOGNON, C., *et al*. Hydrogen production by catalytic partial oxidation of propane over CeO_2. **Chemical Engineering Science**, v. 181, p. 46–57, Maio 2018. Disponível em: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ces.2018.01.038. Acesso em: 22/10/2023

KIMURA, T. *et al*.“Development of Ni catalysts for tar removal by steam gasification of biomass”, **Applied Catalysis** B: Environmental, v. 68, n 3–4, p. 160–170, Nov. 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2006.08.007. Acesso em: 22/10/2023

LINTZ, H. G.; MÜLLER, S. P. The partial oxidation of propane on mixed metal oxides—A short overview. **Applied Catalysis** A: General, [s. l.], v. 357, n. 2, p. 178–183, Abr. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apcata.2009.01.018. Acesso em: 22/10/2023

MONTEIRO, R. S., DIEGUEZ, L. C., & SCHMAL, M. The role of Pd precursors in the oxidation of carbon monoxide over. **Catalysis Today**, v. 65, n. 1, p. 77-89, Fev. 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0920-5861(00)00547-2. Acesso em: 22/10/2023

NETO, R. C. R.; SCHMAL, M. Synthesis of CeO_2 and $CeZrO_2$ mixed oxide nanostructured catalysts for the iso-synthesis reaction. **Applied Catalysis** A: General, v. 450, p. 131–142. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apcata.2012.10.002. Acesso em: 22/10/2023

SATTERFIELD, C. N. Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice, second edition. **Journal of Catalist**, New York, v. 134, n. 2, p. 755, Abr. 1992. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0021-9517(92)90361-K. Acesso em: 22/10/2023

SILVA, F. A. *et al*.The effect of the use of cerium-doped alumina on the performance of $Pt/CeO_2/Al_2O_3$ and $Pt/CeZrO_2/Al_2O_3$ catalysts on the partial oxidation of methane. Applied Catalysis A: General, v. 335, n. 2, p. 145–152, Fev. 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apcata.2007.11.003. Acesso em: 22/10/2023

VAN VEEN, J. A. R.; JONKERS, G.; HESSELINK, W. H. Interaction of transition-metal acetylacetonates with γ-Al2O3 surfaces. **Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions 1**: Physical Chemistry in Condensed Phases, v. 85, n. 2, p. 389–413, 1989. Disponível em: https://doi.org/10.1039/F19898500389. Acesso em: 22/10/2023

VARKOLU, M. Role of CeO_2/ZrO_2 mole ratio and nickel loading for steam reforming of n-butanol using $Ni–CeO_2–ZrO_2–SiO_2$ composite catalysts: A reaction mechanism. **International Journal of Hydrogen** Energy, v. 46, n. 10, p. 7320–7335, 2021. Disponível em: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.11.240. Acesso em: 22/10/2023

VAZZOLER, A. **Oxidação parcial do propano para geração de hidrogênio em catalisadores Ni/CeO_2/Al_2O_3**. Orientador: Martin Schmal; Fábio Souza Toniolo. 2013. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – COPPE – UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SENAI - CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL DO SENAI – SENAI CETIQT

Sérgio Luiz Souza Motta
Diretoria Executiva

Fernando Rotta Rodrigues
Diretoria de Administração e Finanças

Robson Marcus Wanka
Gerência de Educação

Ana Claudia Lopes
Coordenação de Ensino Superior

Renata Rottweiler
Coordenação de Educação a Distância

Victoria Bastos
Coordenação de Design de Moda

Érika Miguez
Coordenação Acadêmica do Curso de Engenharia Química

Renata Rottweiler
Editora-Gerente

André Simões
Editor-Chefe

Professora Solange Mezabarba
Professora Claudia Abreu
Professora Letícia Quinello
Professora Marta Picardo
Professor André Simões
Editores de Seções de Moda, Educação e Engenharias

Camila Bilheiro
Designer Instrucional

Lívia Duarte
Revisão Ortográfica

Patrícia Macêdo
Projeto gráfico

Patrícia Macêdo
Tatiana Moralima
Capa

Daniel de Abreu
Marina Azevedo
Diagramação

SENAI CETIQT

SENAI

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

PELO FUTURO DO TRABALHO