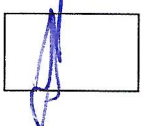


Questão 2: Item 4

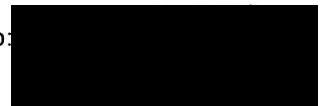
As matérias primas amiláceas têm como principal componente o amido. O amido é um polímero constituído por amilose ( $\alpha$  1,4) linear e amilopectina constituído por ligações  $\alpha$  1,4 e  $\alpha$  1,6 ramificado. A proporção entre amilose e amilopectina é variável dependendo do tipo de matéria prima. Dentre as principais matérias primas amiláceas destacam-se a batata, mandioca, milho e entre outras. As matérias primas amiláceas são utilizadas para obtenção de produtos de interesse na indústria química principalmente o etanol, utilizado como um biocombustível em larga escala. Além do etanol outros produtos podem ser produzidos como ácido láctico, sorbitol, ácido gluconico, levulínico a partir da glicose obtida da hidrólise do amido.

Para descrever o processo de obtenção do amido, irei utilizar como exemplo a rota úmida do milho. Inicialmente o processamento do milho envolve a separação da palha e espiga. Posteriormente a espiga de milho é debulhada para separação do milho do palhaço. Obtem-se 2 frações

KCN







## Questão 2

O tipo de mela que se produz para os processos de transformação é o sabugo. O sabugo de mela é um material rico em material lignocelulósico que atualmente é queimado para obtenção de calor e energia elétrica. Porém esse resíduo devido a grande quantidade que se produz tem potencial para ser processado para produção de etanol, por exemplo, aumentando ainda mais a eficiência produtiva desse amido, sendo amido. Dessa forma, agregando o valor do subproduto gerado nessa agroindústria. Para o processamento do mela para obter o amido a biomassa precisa passar por uma série de etapas que se inicia com a etapa de hidratação do mela sob temperatura para facilitar a separação do endosperma (rica em ~~mela~~ amido) do restante (proteína e óleo). Após a hidratação que pode ocorrer com concentrações baixas de água durante um período de até 48 horas, o mela hidratado vai para uma etapa de melinação. Após a trituração do mela úmido é aplicada uma etapa de centrifugação para ~~retirar~~ separação do ~~mela~~ endosperma (amido) do

KRE

J



Questão 2

gêrmem (moleína e óleo). Após a centrifugação a fração contendo o gêrmem passa por etapas de purificação para obtenção de 2 frações de interesse comercial, a proteína e o óleo. Para isso a fração do gêrmem deve ser seca para facilitar a extração com solvente orgânico, como, do óleo. O óleo bruto extraído é purificado e comercializado para indústrias na forma alimentícia ou então pode ser convertido para obtinção de biodiesel.

O farelo de milho, devido ao ~~alto~~ teor proteico, é comercializado principalmente para o mercado de ração animal.

Continuando com o processamento da fração rica em amido, para facilitar a desagregação das estruturas de amilose e amilopectina o amido passa pela etapa de gelatinização que provoca o intumescimento dos grãos de amido facilitando a retirada dessas estruturas. Antes da etapa de gelatinização ocorre a etapa de purificação dessa fração para evitar que proteínas e óleo estejam na fração e dificultem a etapa posterior de liquefação (realizada com enzimas). Para purificação do amido

kren





## Questão 2

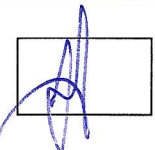
é realizada a etapa de lavagens com NaOH diluída, centrifugação e filtração para retirar contaminantes que possam interferir no processo de hidrólise.

Continuando as etapas de hidrólise após a gelatinização ocorre o aumento da viscosidade devido da solubilidade devido ~~o~~ a liberação da amilopetina e amilose. Para obtenção da glicose, o processo inicia com a etapa de liquefação onde são adicionados enzimas que agem nas ligações  $\alpha$  1,4 e  $\alpha$  1,6 da amilose e amilopetina, principalmente amilase que agem nas ligações endo e exo das cadeias dos componentes.

O objetivo principal é quebrar o amido em dextrinas (oligosacarídeos) (polissacarídeo) Existe no mercado de alimentos empíres que utilizam essa função nas formulações como espessante.

Continuando na etapa posterior a liquefação, ocorre a sacarificação que é a quebra das dextrinas em maltose e posteriormente a quebra em glicose. A presença de enzimas como a  $\alpha$  amilase e maltase são fundamentais para obtenção de uma

KUH





## Questão 2

façãõ rica em glicose.

~~Na indústria de alimentos esse fração~~

A ~~po~~ fração rica em glicose a partir de processos de conversão bioquímicos, quínicos, principalmente, pode ser obtida uma gama de produtos de interesse como processos fermentativos obtenção do ácido láctico que pode ser convertido em lactido e posteriormente polimerizado em ácido polilático.

~~Ou~~ Ou então a partir da glicose pode ser convertida <sup>por processos</sup> de ~~forma~~ químicas

~~na~~ na presença de catalisador heterogêneo Pt e H<sub>2</sub> em solvente a partir da hidrogenação da glicose. Outros processos químicos podem ser aplicados como oxidações para obtenção de ácido gluconó, desidração de HMF hidroxiacetil furfural. Além da conversão química os processos fermentativos para produção de outras moléculas como especialidades químicas como o ~~na~~ glutamato monossócio também incrementam a gama de produtos. É importante resaltar que a glicose (plataforma do C<sub>6</sub>) é importante fornecedora de moléculas plataformas que são importantes na cadeia energética

1/1/1





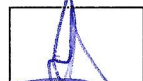
Questão 2

para um química mais sustentável.

Considero o processo de etanol a partir da glicose <sup>milho</sup> de grande importância pois ele é a 2ª matéria mais utilizada para produção de etanol em nosso país e a primeira do mundo.

Para produção de etanol a partir do milho, a fusão de amido já hidrolisada recebe as enzimas responsáveis pela fermentação *Saccharomyces cerevisiae* no fermentador. A fermentação normalmente ocorre entre 28-35°C durante um tempo de 4-10 horas. ~~Porém~~ Na etapa de fermentação é formado um produto o CO<sub>2</sub>. Que usualmente é utilizado para produção de refrigerantes. Porém esse CO<sub>2</sub> ~~em~~ <sup>podem</sup> uma aplicação biotecnológica ~~para~~ <sup>podem</sup> e ser direcionada para obtenção produção de microrganismos como as microalgas. Após a fermentação as leveduras são centrifugadas para separação do vinho. O leite de leveduras é regenerado com adição de nutrientes e diminuição do pH para 3-3,5 pela adição de ácido. As leveduras regeneradas podem ser utilizadas num novo processo. O vinho é encaminhado para destilação

KCH





Questão 2

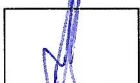
na etapa de destilação ocorre a separação do etano anidro e da vinhaça.

A vinhaça é um subproduto gerado em grande quantidade na indústria de etanol para cada 1 litro de etanol produzido 18 litros de vinhaça.

A vinhaça é rica em nutrientes e é utilizada como fertilizante. Essa vinhaça também apresenta potencial para produção pode ser utilizada como matéria prima para produção de Biométano (Biogás). Que pode ser utilizado como insumo energético para a própria usina ou então ser reformado com o  $\text{CO}_2$  (já que o Biogás é uma mistura de principalmente  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ) pela reforma seca para produção de gás de síntese, por exemplo.

O etanol ~~anidro~~<sup>hidratado</sup> pode ser comercializado pelas destiladoras de ~~po~~ e utilizado diretamente em carros flex. Ou ser ~~fa~~ para produção do etanol anidro. O etanol hidratado precisa ~~se~~ passar por um processo de destilação extraiva, com ciclohexano ~~para~~ ou então pela utilização de peneiras moleculares para poder alcançar ~~o~~ <sup>um</sup>

KCH





## Questão 2

unidade mais baixo e poder ser misturado a gasolina (25-27%) na distribuidora e posteriormente ser comercializado nos postos de gasolina.

Para garantir a qualidade do produto formado, segundo a ANP, tanto o etanol anidro e o etanolado devem respeitar parâmetros de qualidade segundo a resolução Nº 907. de 2007.

• visto a importância da matéria prima amilácea na cadeia produtiva do etanol, ~~o etanol~~ destaca o aproveitamento de outros subprodutos queira dentro de um contexto de sustentabilidade.

que no caso do etanol, pode ser medido através da análise do ciclo de vida pelo Reverbio (política pública que mede a sustentabilidade da produção de biocombustíveis)

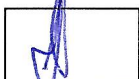

A partir das matérias primas amiláceas é possível obter produtos químicos, bioquímicos, polímeros entre outros que atendam as demandas da sociedade atual. ~~Além~~ principalmente, ocupa As matérias primas amiláceas ocupam uma posição fundamental com fornecedora de precursores

kkk



## Questão 2

plataformas (principalmente do C6) e blocos construtores como o etanol, sorbitol, ácido gluconico, ácidos carboxílicos, ácido úrico, ácido ximúlico, furfural, para ~~construção de~~ que aplicando processos de conversão de acordo com a necessidade poderão suprir as ~~necessidades de~~ as demandas da indústria química construindo uma indústria mais sustentável para as próximas gerações.







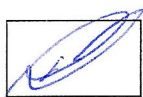


## Questão 3

de um material energética brasileiro vem da bioenergia, principalmente de bagaço.

Os principais produtos obtidos a partir do bagaço são: papel (celulose), energia (combustão do material) e uma promissora realidade a obtenção de etanol 2G (2ª geração).

O processo para obtenção dos ~~dois~~ das frações desejadas a partir do material lignocelulósico começa com a redução do tamanho da matéria biomassa. Essa etapa facilita o moimento do material na etapa de pré-tratamento ~~visto que o material~~. Na etapa de redução das ~~pe~~ do material é aplicado uma etapa de pulpa moída; ~~deixando~~ ~~a~~ ~~superfície~~ aumentando a área superficial do material. Visto que o material lignocelulósico possui 3 frações que podem ser obtidas como a celulose, hemicelulose e lignina, o pré-tratamento irá depender do que forma o produto final desejado. Por exemplo: no caso da obtenção de etanol 2G, o objetivo é deixar ao máximo a ~~biomassa~~ fração de celulose exposta e menos cristalina para ação das enzimas na etapa de hidrólise, por



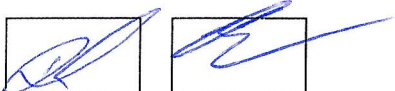






## Questão 3

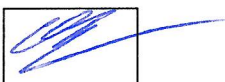
para geração de energia. Pode também ser tratada recuperada para ser gasificada, por exemplo, para obtenção de gás de síntese. A fração de celulose, dada em condições para ocorrer a hidrólise tem a adição de enzimas que vão atuar nas ligações 1,4  $\beta$ -glicosídicas para ~~o~~ realizar a quebra da celulose em celobiose (enzimas endo e exoglicosidases), posteriormente essa fração tem adição de enzimas como as  $\beta$ -glicosidases que quebram a celobiose em glicose. Após essa fração passa por uma etapa de separação para recuperação das enzimas celulolíticas e a fração fica em ~~estado~~ segue em direção aos fermenta <sup>glucose</sup> glóculos. Antes da fermentação a fração de glicose é medida o grau Brix (refratômetro) que em média a quantidade de sólidos solúveis (18° - 18% de açúcares no caldo). Após a ~~ferm~~ ~~acone~~ a fermentação com a adição de *Kluyveromyces fragilis*, posteriormente as leveduras são recuperadas, ocorre a destilação do vinho para obtenção do etanol hidratado. Posteriormente o etanol hidratado para obter o anidrido é feito uma destilação extractiva para obter o etanol anidrido o etanol anidrido é misturado a glicerina





## Questão 3

Considerando o processo termoquímico como a gasificação quando aplicada ao material lignocelulósico ~~podem~~ e possível obter o gás de síntese a partir da oxidação parcial desse material. O material lignocelulósico é um material com grande potencial a matéria prima para ser aplicado o processo de gasificação devido ao baixo teor de nitrogênio e grande disponibilidade. A partir da gasificação ~~é gerado o~~ sob condições de oxidação parcial, temperaturas entre 700-1500°C ocorre a formação do gás de síntese muito demandado na indústria química. O gás de síntese é formado por CO e H<sub>2</sub>. O CO formado nesse processo é matéria de partida de vários produtos de interesse como o metanol, oxoalcoois, e ácido carbônico (fischer tropsh). O metanol é produzido pela presença de catalisadores heterogêneos como Cu e ZnO. O metanol, por exemplo, gerado nesta etapa, pode contribuir com a sustentabilidade ~~da~~ da produção de biodiesel. O H<sub>2</sub> produzido, ~~nesta etapa também~~ pela gasificação



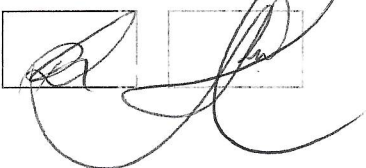


## Questão 3

Contubni por exemplo com a produção de amônia para produção de fertilizantes

Outra possibilidade de produto a partir do material lignoceluloso é a utilização da celulose para obter papel.

~~Nesta etapa~~ Para obter a celulose é aplicado sob o material lignoceluloso um processo chamado kraft, onde a lignina é dissolvida do material na presença de sulfeto de sódio de  $\text{NaOH}$ . <sup>Após a</sup> retirada da lignina da fração de celulose, ~~a celulose é lavada~~ ~~a celulose~~ lavada e tratada para retirada de lignina remanescente, utilizando um solvente por exemplo acetona e etanol. A fibra de celulose assim segue para as etapas de obtenção do papel. A celulose obtida nessa etapa pode passar por processos de conversão como esterificação, cloração, nitração entre outros para obtenção de acetato de celulose, celulose acetil celulose e nitrocelulose que podem ser utilizados em diversas indústrias químicas. A fibra de ~~papel~~ celulose que vai ser transformada em papel passa por uma etapa de cloração, oxidação com






## Questão 3

água originada para alcançar bruma deixada. Posteriormente a pasta unida de celulose é tratada para retirada dos ~~resíduos~~ e enlaminada para etapa de retirada da umidade, onde ser espalhada para retirada do excesso de água, onde posteriormente vai por uma etapa de retirada de água passa por rolos aquecidos na etapa de calandragem onde finalmente é ~~re~~ cortado e comercializado.

Considerando as frações integrais do material lignocelulósico produtos de extração como orgânicos e utilizando outros devem ser considerados ~~na~~ para extração outros da lignina, por exemplo, para que possa ser utilizada como precursor para obtenção de moléculas de blocos construtores formando moléculas aromáticas, para indústria química

Além disso tendo fração íntegra de hemicelulose outros produtos podem ser obtidos, considerando a xilose como o principal componente dessa fração. A partir, da obtenção da xilose, íntegra, pelo processo de expressão



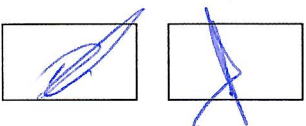


## Questão 3

o vapor, a hemicelulose pode ser hidrolisada em xilose, que é uma plataforma importante dentro da química verde pois fornece moléculas com 5 carbos carbonos. A partir da xilose ela pode ser convertida em inúmeras moléculas como o ~~e~~ xetol (1,2,3,4,6-hidrogenação química da xilose) e o 5-HMF (hidroxi metil furfural) obtido da desidratação da xilose.

Após ~~essa~~ tendo a fração de celulose ela pode ser hidrolisada de forma enzimática (como descrito anteriormente) ou de forma química (menos utilizada) considerando a obtenção de glicose a partir da celulose ela pode ser convertida ~~de forma~~ por processos químicos para produção de sorbitol, ácido gluconico hidroximetil furfural ou então ser fermentada para obtenção de ácido levulínico, lacto ácido, ácido itálico e outros moléculas de interesse comercial.

~~Essas moléculas~~ De até mesmo para des  
Essas moléculas estão dentro e outras  
estão dentro de um contexto de moléculas  
plataforma que são apontadas ~~po~~ como





## Questão 3

a base para uma nova indústria química. Além disso vale ressaltar o uso do material lignocelulósico para obtenção de moléculas drop in, como no caso do eteno obtido a partir do etanol (desidratação - catalisador ácido).

Destaco também a integração dos processos para produção de moléculas intermediárias químicas que tenham aplicação na indústria como na produção do acetato de etila, que utiliza o etanol e o ácido acético como reagentes para esterificações.

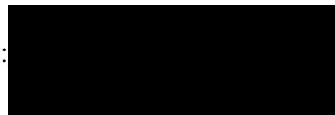
Dentro do contexto abordado ~~de~~ existe uma ampla capacidade de ~~com~~ ~~pre~~ tratamento e conversas que irão depender do objetivo final produção de produtos químicos e/ou biocombustíveis. Considerando a quantidade de produtos que podem ser explorados com as frações de material lignocelulósico e possível conversão com grande capacidade para

Potencial

utilizações desse material como bioetanol. O aproveitamento ~~de~~ de um resíduo para aquecer reatores aos produtos químicos

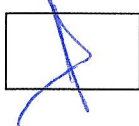




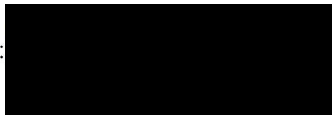


Questão 3

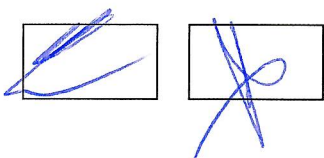
traz uma nova perspectiva para a economia do país dentro de um contexto de circularidade (economia circular) e de sustentabilidade.







em  
branco





Questão 1

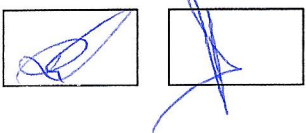
As técnicas de caracterização são ferramentas importantes para demonstrar a eficiência dos processos de conversão e de esulfurização dos produtos obtidos. Dentre os principais derivados ~~se~~ considero o brodiene itane e o ácido acético os principais derivados. Ainda sobre a caracterização dos derivados nos forneço informações importantes sobre a estrutura geral das moléculas. Sobre as técnicas espectroscópicas destaco o infravermelho e ressonância magnética nuclear. ~~Abaixo de infravermelho~~ A relação as técnicas espectrométricas está relacionada como que a radiação eletromagnética interage com as moléculas. Dependendo do tipo de radiação ela vai interagir na vibração das moléculas (infravermelho) ou ~~ou~~ na interações dos spins com a radiofrequência eletromagnética dos spins ~~presente~~. Sobre a técnica de infravermelho é baseada no interação da ~~onda~~ da radiação do infravermelho com as ligações presentes nas moléculas quando a radiação a energia na ~~se~~ faixa do infravermelho, ~~o~~ muda na molécula





## Questão 1

provoca uma das ligações presentes na molécula absorvem a energia, excitando a molécula ocasionando uma vibração. Esse fenômeno ocorre porque as moléculas já apresentam vibrações mas quando estão na mesma frequência aumenta em vibração fazendo que esse sinal possa ser detectado e amplificado pela transformada de Fourier. Cada tipo de ligação vibra em um local do espectro que compreende entre  $(4000 \text{ cm}^{-1} - 400 \text{ cm}^{-1})$ . Essas vibrações podem ser anisotrópicas ou isotrópicas. O espectro de infravermelho sempre detecta moléculas que tenham momento dipolar diferente de zero. Dentre as vibrações que podem ser observadas para os derivados da dióxido de carbono, como o biodiesel, por exemplo, na região de  $1740 \text{ cm}^{-1}$  e  $2800 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  são esperados 2 bandas nessa região referentes a carbonila do éster e a outra banda interna referente a cadeia carbônica, respectivamente. Já para o ácido a outro é esperado uma vibração na região de  $1710 \text{ cm}^{-1}$  referente a presença de grupos funcionais referentes a ácidos carboxílicos e para o





## Questão 1

Alcool é espectral em uma banda larga na região do  $\mu$  entre  $3000$   ~~$3200$~~   $3200$  -  ~~$3224$~~   $3400$   $\text{cm}^{-1}$  referente ao grupo funcional OH. Logo o infravermelho é uma técnica ~~de~~ ~~do~~ ~~infravermelho~~, ~~o~~ ~~+~~ importante para identificar os grupos funcionais presentes nos derivados.

Além do infravermelho outra técnica que merece destaque a ressonância magnética nuclear que é utilizada na como ferramenta de caracterização ~~o~~ e elucidação da estrutura dos produtos. Esta técnica está baseada nos spins que presentes no núcleo das moléculas que é uma propriedade magnética. Sem a presença de um campo magnético os ~~p~~ spins estão desorientados, na aplicação de uma radiofrequência, faz com que os spins se alinhem ao campo ( $+1/2$  e  $-1/2$ ) <sup>paralelo e antiparalelo</sup> após a retirada do campo

~~faz com~~ ~~aquele~~ que é paralelo vai para o anti paralelo e vice versa.

Após a retirada do campo os ~~o~~ spins retornam ao seu estado normal. Nesse processo de relaxamento é detectado o sinal no equipamento de RMN que



## e Questão 1

Os sinais que são dados são dados reais de acordo com o campo em que esses prótons ou carbonos estão. O deslocamento químico é baseado na blindagem e desblindagem. ~~em exemplos de menor energia aparecem os sinais referentes~~ as moléculas das moléculas em referência ao ~~referencial~~ TMS. Alguns sinais no RMN de  $H^1$  são característicos como o observado para o ácido acético em 12 ppm ~~o que~~ refere referente ao H presente na ácido carboxílico por ele ser mais desblindado aparece pela presença de grupos retiradores aparece em campos mais altos. Já o sinal referente ao H de éter presente no biodiesel aparece por exemplo entre 3,5 - 5 ppm. O singlete referente ao OH presente no etanol aparece na região entre 5 e 6 ppm. Além do RMN de próton também ~~podem~~ o RMN de  $C^{13}$  também ajuda na identificação dos carbonos presentes nas estruturas e ajuda na elucidação da estrutura dos produtos como por exemplo no sinal em 170 ppm referente a carbonila ( $C=O$ ) de éter presente no biodiesel).

Outras técnicas como a cromatografia

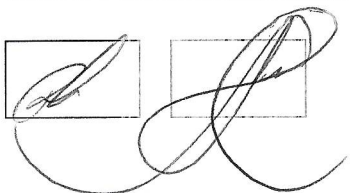




## Questão 1

é uma ferramenta que é de grande importância para identificação de e quantificação de moléculas alvo.

A cromatografia pode ser líquida ou gasosa e baseia-se no princípio de afinidade da molécula com a fase estacionária (coluna) e com a afinidade com a fase móvel. No caso da cromatografia gasosa, ela é uma técnica que ajuda na quantificação do teor de éster presente no biodiesel que é realizada para, com o uso de aditivos de um padrão interno (C19) no modo de modo de metila. É colocada a amostra do padrão e ~~colocada~~ reativizada com a amostra dos outros ésteres que apicam durante a corrida de 30 minutos. O teor de éster é um dos parâmetros de qualidade mais importantes no biodiesel que deve ser no mínimo de 96,5% para estar dentro dos limites ditos. Além disso a cromatografia gasosa é utilizada para identificação do tipo de ácido graxo presente no biodiesel como oleico, linoléico, ~~linoléico~~ linoléico a partir da adição de um mix de ~~ésteres~~ ésteres (C4-E36)













## Questão 1

dos elétrons de uma camada de menor energia para uma de maior energia logo essa energia é absorvida pela diferença de níveis e detectado pelo seu aparelho. Cada metal tem componentes específicos e realizada uma curva de calibração para com concentrações conhecidas dos metais para determinar as concentrações dos metais presentes ~~no~~ no produto final. Podem ser analisados ~~Alumínio~~ ~~Na, K, Mg~~ sódio, cálcio magnésio, potássio, enxofre e fósforo no caso do biodiesel e no etanol ~~de~~ ~~ferro~~ cobre e ~~ferro~~ ferro, arsênio ~~no~~ como os metais presentes no ácido aútrico

~~A análise de~~ A união das técnicas como ferramentas para identificação, elucidación das estruturas presentes são de grande importância para dimensionar os processos de conversão purificação e também de qualidade dos produtos formados.

