

ALQUIMISTAS

do cerrado



Emanuel Lopes Dornelas

Esse material didático é o produto da dissertação de mestrado desenvolvida por **Emanuel Lopes Dornelas** sob a orientação da **Prof.^a. Dr.^a Nicéa Quintino Amauro**. Essa dissertação foi apresentada, em 2020, ao Programa de Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Mestrado Profissional, da Universidade Federal de Uberlândia - UFU.





Este ícone indica a fala dos Alquimistas

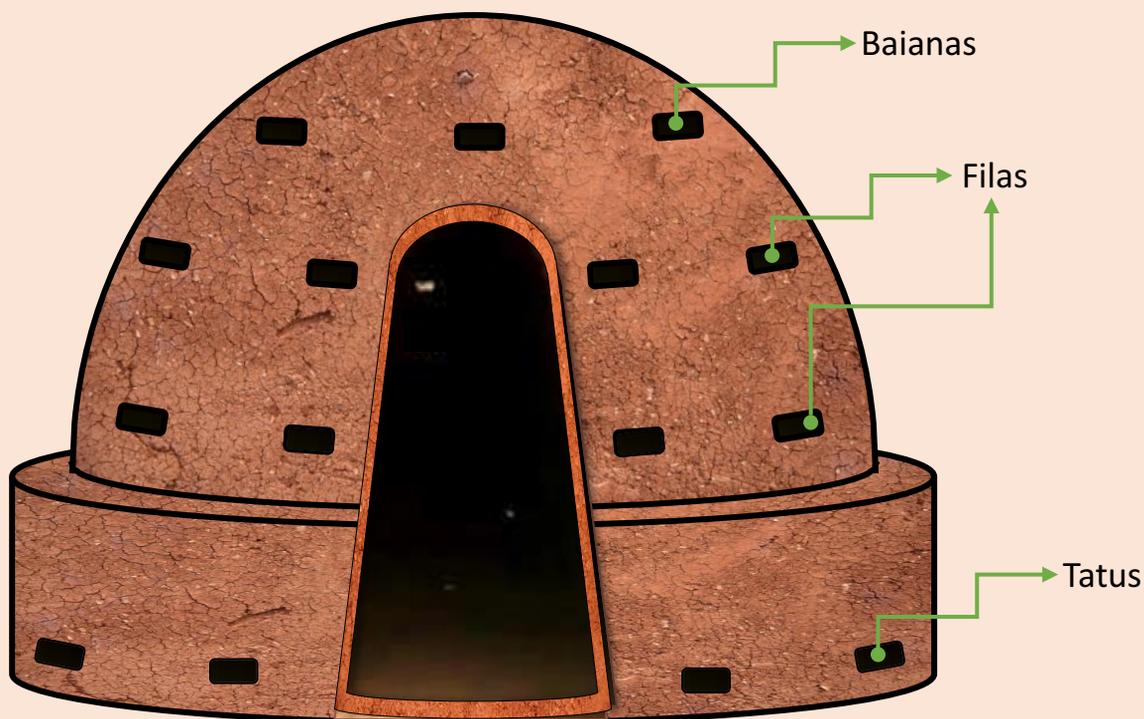
Os antigos Alquimistas passavam grande parte de suas vidas buscando soluções para problemas nada triviais: enquanto alguns desejavam descobrir como transmutar diferentes metais em ouro, outros estavam interessados na fórmula do elixir da vida eterna. Mas, diferente desses alquimistas, os nossos contemporâneos Alquimistas do cerrado não buscam o impossível, mas sim o inalcançável: dignidade

Os nossos Alquimistas, também chamados de carvoeiros, fazem jus ao nome, porque moram, literalmente, no meio do cerrado (um local afastado dos grandes e pequenos centros urbanos). Os seus conhecimentos, adquiridos ao longo de anos, são colocados em prática em uma carvoaria, onde transformam as árvores em carvão vegetal.



Nós trabalhamos para comer e pagar conta.

Essa transformação acontece nos fornos de carvão, que foram cuidadosamente construídos com tijolos de barro. A sua estrutura tem uma porta e é cheia de pequenos orifícios: os orifícios inferiores são chamados de tatus, os superiores são as baianas e os centrais são as filas.



Esses fornos são chamados de Forno de Rabo Quente.

Além dos fornos, nas carvoarias há também outra estrutura, os alojamentos destes místicos trabalhadores. Ao contrário dos fornos, que foram cuidadosamente construídos, os alojamentos são marcados pela precariedade e pelo improvisado. Suas colunas de sustentação são feitas com troncos de árvores e tanto a cobertura como as paredes são feitas com lonas plásticas. Nesse alojamento não há banheiros, por isso, os trabalhadores fazem suas necessidades fisiológicas na mata que os cercam.

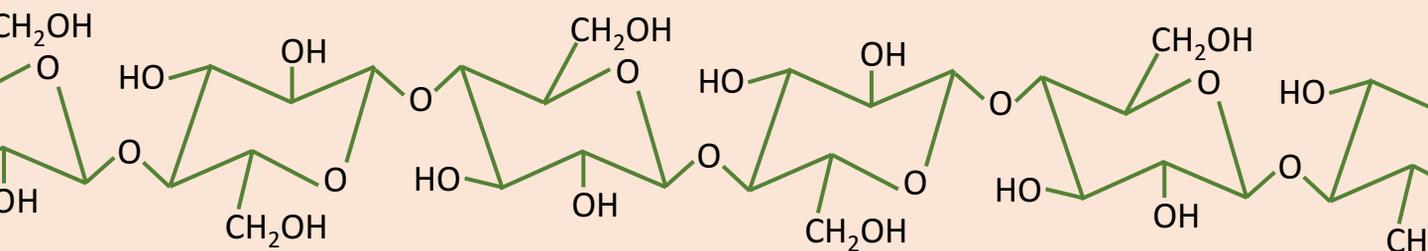


Não há água potável nessa carvoaria!

A produção do carvão vegetal inicia-se com o corte das árvores, seja de floresta nativa ou de reflorestamento. Nesse sentido, as carvoarias ilegais provocam um grande desequilíbrio ambiental nas regiões onde estão instaladas, devido à derrubada da floresta nativa. Além disso, o risco de acidentes, em todos os processos da carvoaria, é constante, pois os nossos alquimistas não utilizam nenhum tipo de equipamento de segurança.



A madeira é a base de toda a produção do carvão vegetal, por isso, para entendermos os processos envolvidos nessa produção é importante conhecer a composição química da madeira. Essa composição é bastante complexa e depende de vários fatores como, por exemplo, a idade, a região onde foi plantada e é claro da espécie. Entretanto, a parede celular das arvores é formada, principalmente, por três polímeros naturais: a celulose, hemicelulose e a lignina. Os polímeros são macromoléculas formadas a partir de moléculas menores, chamadas de monômeros. As macromoléculas de celulose, que é o componente majoritário da parede celular, são constituídas por inúmeros monômeros de D-glicose unidos entre si por ligações covalentes.

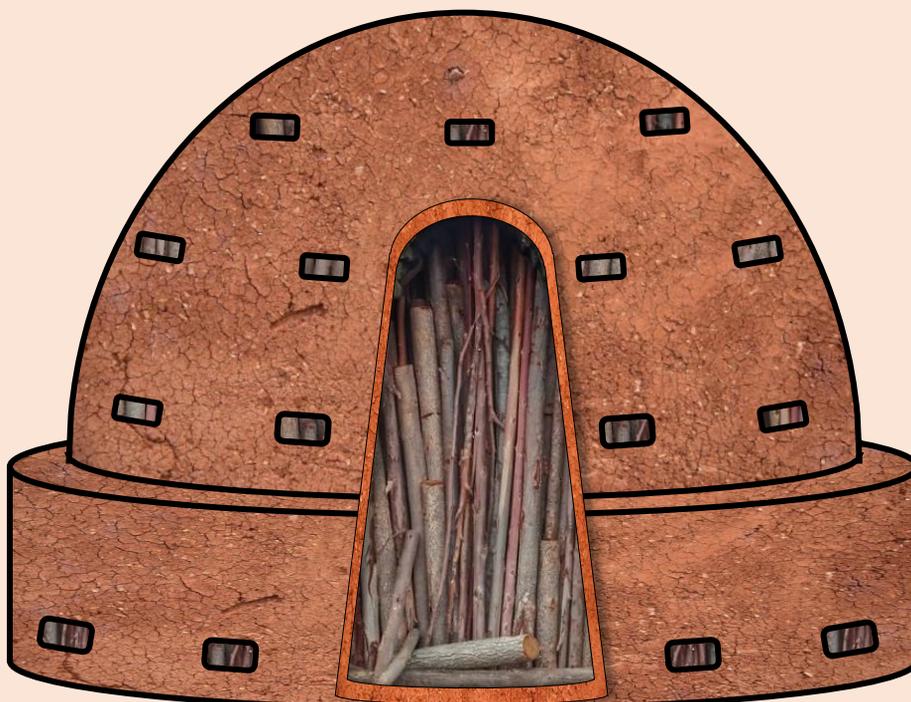


A celulose é o polímero natural mais abundante do planeta.

A hemicelulose, diferente da celulose, é formada pela junção de diferentes monômeros, sendo eles: os monossacarídeos com seis ou cinco átomos de carbonos e ácidos urônicos. Vale ressaltar que os polímeros com essa característica são chamados de copolímeros. Já, o polímero de lignina é formado por monômeros de compostos aromático de fenilpropano, que podem conter grupos hidroxilas e metoxila, como substituintes no grupo fenil. A lignina é a última macromolécula incorporada à parede celular das árvores e se desenvolve fazendo a interpenetração das fibras para o seu fortalecimento e enrijecimento.



Depois de cortada, a lenha é levada para a carvoaria na carroceria de tratadores, para então ser colocada dentro dos fornos de carvão. Essa etapa, assim como a anterior, é bastante trabalhosa e exige muito esforço físico e mental dos trabalhadores, pois os pesados troncos são levados um a um para dentro do forno. Além disso, eles devem ser muito bem organizados para que todos os espaços disponíveis da estrutura sejam ocupados. É um verdadeiro quebra-cabeça!



Assim que o forno fica cheio, a sua porta é parcialmente fechada. Restando ainda uma pequena abertura superior na porta, que será utilizada para atear fogo na lenha dentro do forno, para em seguida ser fechada por completo. Nesse momento entra em cena o carbonizador, esse é o alquimista mais experiente, é o responsável pelo processo de carbonização da madeira.

Depois de encher quatro ou cinco fornos com lenha, talvez, os alquimistas parem o serviço para fazerem suas refeições. A alimentação dessas pessoas, assim como os seus alojamentos, não é digna.



É a única coisa que *nós têm*. E tem dias que a gente come comida estragada, se não for assim a gente passa fome.

A função do carbonizador, assim como as outras, é muito penosa. É vista por alguns como a pior função, pois o carbonizador tem que acompanhar o processo de carbonização constantemente, o que implica em trabalho noturno. O nosso carbonizador dorme apenas das 20h00 às 01h00 da madrugada.



Temos que ficar em cima, senão o carvão pode passar do ponto e aí a produção é toda perdida.

A única forma de acompanhar o progresso da carbonização dentro do forno é pelo tato, sentindo o calor da estrutura, e pela coloração da fumaça que é expelida pelas baianas, filas e tatus.

No interior do forno a concentração de oxigênio é muito baixa e isso é essencial, pois o carvão vegetal é o produto de uma combustão incompleta. Uma reação de combustão é a que acontece entre um combustível e um comburente (oxigênio). Quando a quantidade de comburente é baixa temos uma combustão incompleta que pode gerar inúmeros produtos. Além do carvão vegetal, a combustão da madeira gera outros produtos:

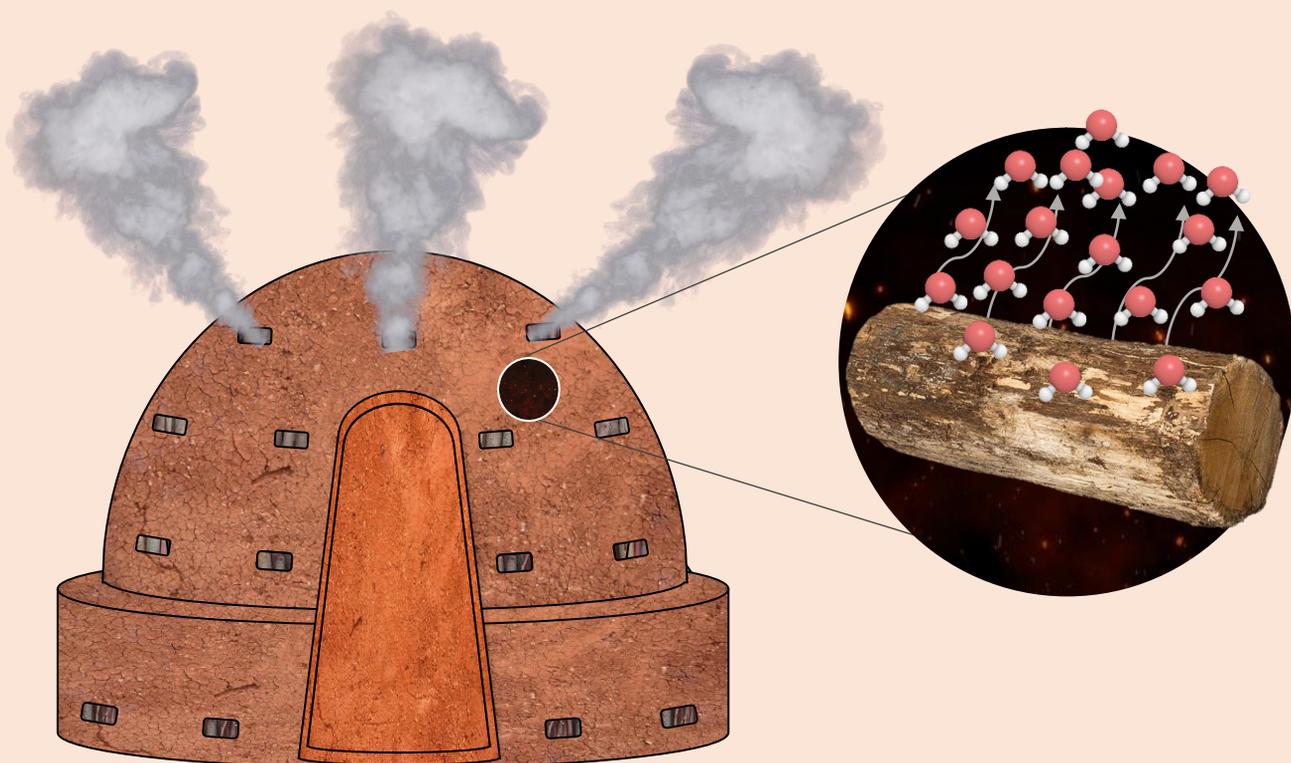
Madeira + Oxigênio → Carvão + Vapores Condensáveis + Gases Incondensáveis

A combustão completa difere da primeira, que acontece quando há excesso de comburente e tem como produto da reação apenas gás carbônico e água. Desta forma, se fosse possível fazer uma combustão completa da madeira, a transformação seria representada da seguinte forma:

Madeira + Oxigênio → Gás Carbônico + Água

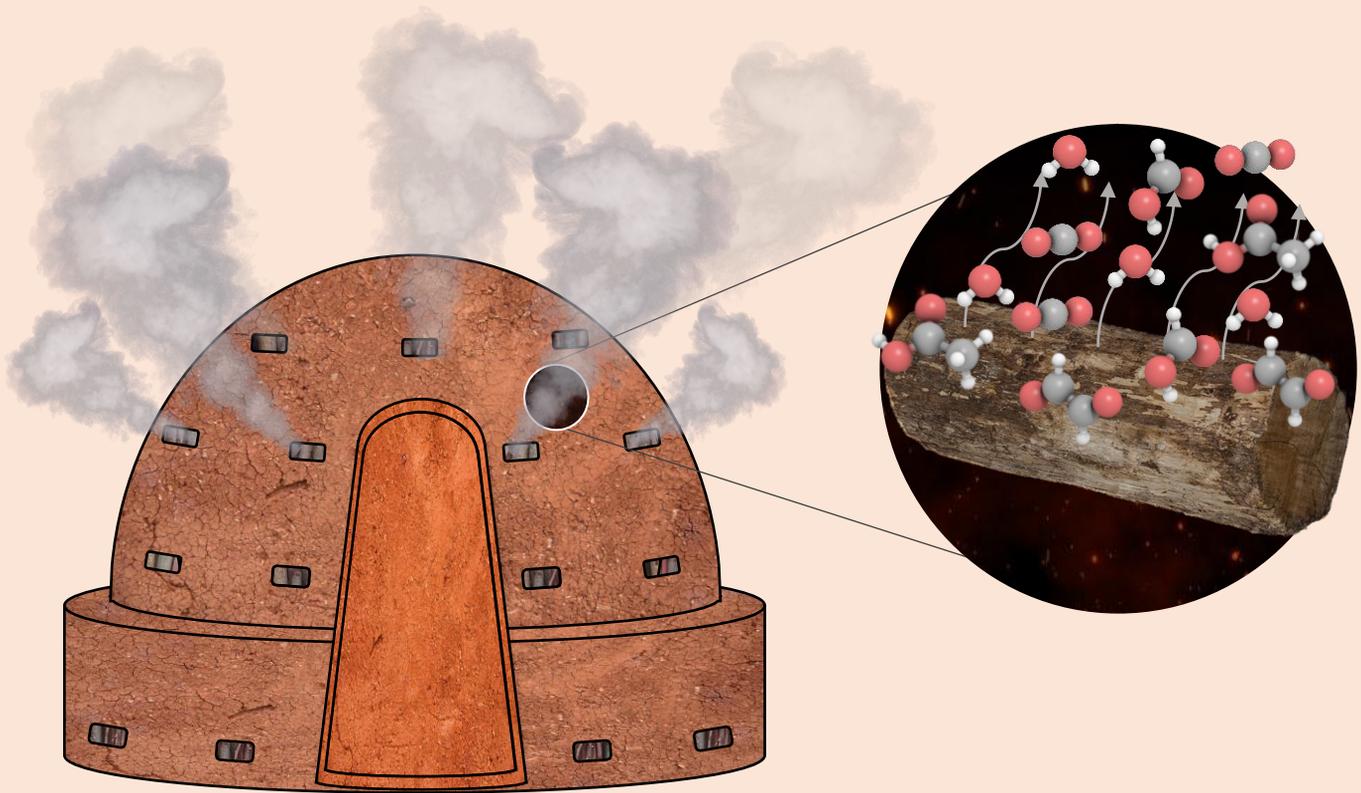
A combustão da madeira é um processo complexo, pois, devido à baixa condutividade térmica desse material, inúmeras transformações acontecem simultaneamente. Mas, para facilitar o nosso entendimento iremos considerar uma hipotética carbonização uniforme de um tronco de madeira.

Quando está em funcionamento um forno de carvão emite fumaça constantemente pelos tatus, filas e baianas. Inicialmente, a fumaça é volumosa e tem uma forte coloração branca. Essa fumaça é emitida em temperatura abaixo de 200 °C e é composta principalmente por vapor de água (H_2O), nessa faixa de temperatura ocorre a desidratação da madeira. Cabe ressaltar que a fumaça liberada durante a produção do carvão vegetal pode provocar lesões nas vias aéreas e intoxicação.



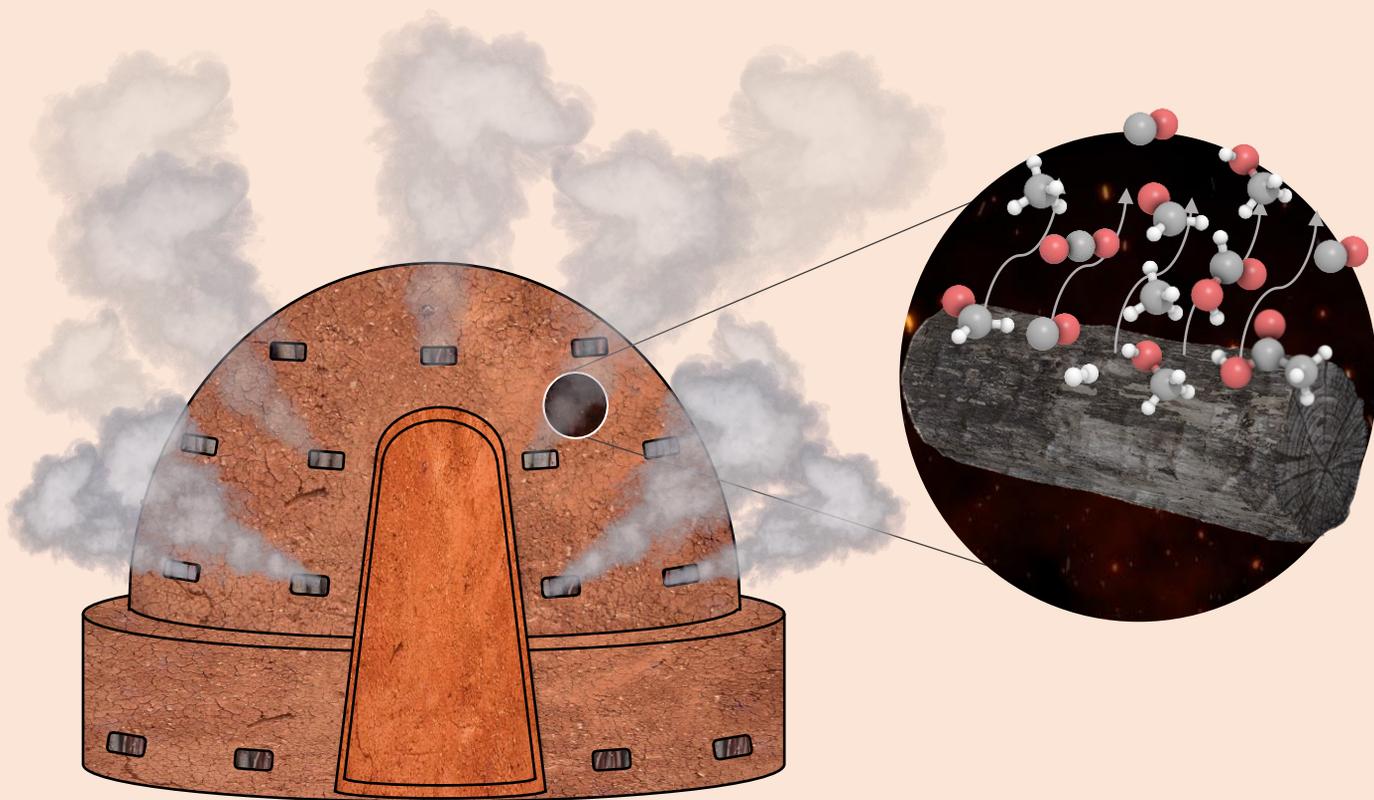
... Sinto muita falta de ar e tontura. Mas quando a gente passa mal, o jeito é sair uns minutinhos [de perto do forno] e voltar rápido. Também não enxergo bem, meus olhos ficam muito embaçados.

A primeira macromolécula da parede celular a ser degradada é a hemicelulose. A degradação desse polímero inicia-se entre 200 a 280 °C, nessa faixa de temperatura a fumaça emitida pelo forno se torna menos volumosa devido à diminuição dos vapores de água. Além disso, a emissão de outras substâncias, como dióxido de carbono (CO_2), ácido fórmico (CH_2O_2), ácido acético (CH_3COOH) e glicoxal ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$), torna-se significativa.



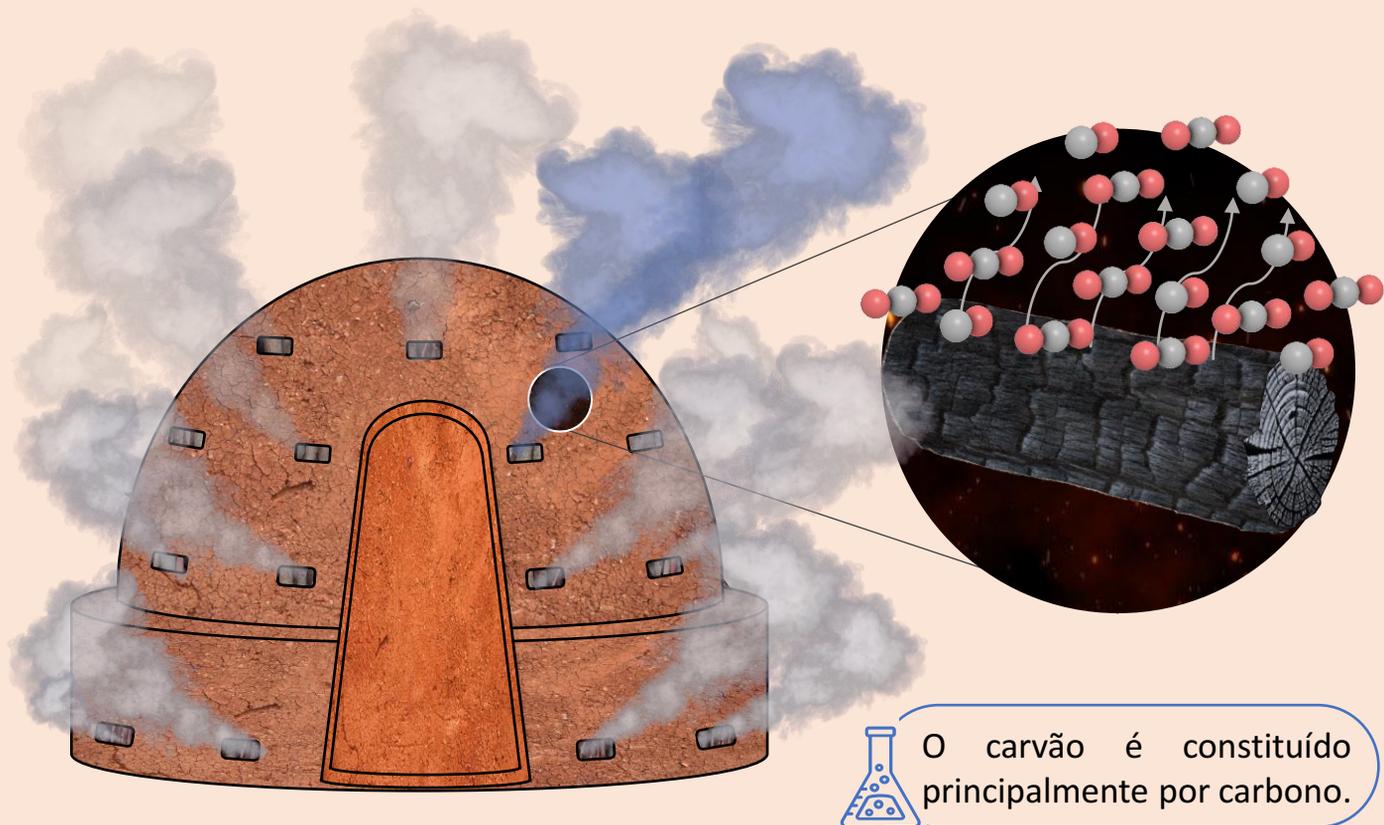
Até a temperatura de 280 °C a maior parte das transformações que acontecem dentro do forno são endotérmicas, sendo essas as que acontecem mediante absorção energia. A vaporização da água, por exemplo, é uma transformação endotérmica, pois é preciso fornecer calor para que a água passe do estado líquido para o estado de vapor.

Acima da temperatura de 280 °C ocorre a degradação da celulose. Dessa temperatura adiante as transformações exotérmicas são predominantes. Essas transformações são aquelas que liberam energia em forma de calor. Podemos dizer que é nesse momento que começa de fato a combustão incompleta da madeira, pois uma reação de combustão é sempre exotérmica. Nessa etapa podem acontecer elevações bruscas na temperatura do forno, o que pode provocar a ruptura da estrutura. Para conter um superaquecimento, o carbonizador passa barro úmido em pontos da estrutura, essa prática é chamada de barrelamento.



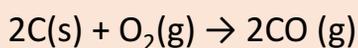
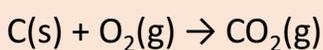
Os gases liberados pelo forno nessa fase exotérmica são altamente inflamáveis. Os principais são: o monóxido de carbono (CO), metano (CH_4), metanal (CH_2O), ácido fórmico (CH_2O_2), ácido acético (CH_3COOH), metanol (CH_3OH) e traços de hidrogênio (H_2). Além dessas substâncias, a formação do alcatrão, mistura densa de substâncias orgânicas, também é altamente inflamável e suas gotículas são transportadas pelos gases.

Em temperaturas próximas a 450 °C ocorre a formação do carvão vegetal. Nesse ponto, a degradação da hemicelulose e da celulose está quase completa, por isso, pouco contribui para a produção do carvão vegetal. A lignina, ao contrário dessas primeiras, perde pouca massa. Mas, se a temperatura continuar aumentando, a degradação desse polímero se intensifica, o que diminuiria o rendimento da produção, portanto, essa é a temperatura máxima recomendada para a produção de carvão vegetal.



O carvão é constituído principalmente por carbono.

O alquimista consegue saber em que ponto do forno o carvão já foi produzido quando a fumaça, emitida pela baiana, fila ou tatu, próxima ao local fica com coloração azulada devido à predominância dos gases monóxido carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) nas emissões. Esses gases podem ser provenientes da combustão completa e incompleta do carvão já produzido.

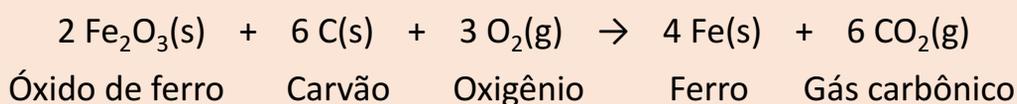


O orifício que emite a fumaça azulada é fechado para cortar a entrada de oxigênio e assim cessar a combustão do carvão. Quando o último tatu do forno é fechado inicia-se o resfriamento da estrutura. Para o forno se resfriar por completo são necessários três dias, é o mesmo período que o forno demora para carbonizar a madeira. Passado o tempo de resfriamento, o carvão é retirado do forno, ensacado e levado em caminhões, principalmente, para as siderúrgicas.



... As últimas vezes que eu vi elas [Filha e esposa] foi quando saí carregado daqui pelo SAMU, com dor no peito e no balão de oxigênio. Passei lá em casa rapidinho e voltei. Não vou porque nunca tenho folga e nem dinheiro.

Nas siderúrgicas, o carvão é utilizado para fazer a transformação do minério de ferro em ferro-gusa. A hematita é o principal minério de ferro e é constituída principalmente por óxido de ferro (III). A transformação do minério de ferro em ferro-gusa ocorre em um alto-forno e pode ser representada pela equação global abaixo:



A transformação da madeira em carvão vegetal e todos os seus processos são interessantes no ponto de vista da química, mas, até o momento, não foi possível ressaltar nenhum aspecto positivo do trabalho ou da vida dos nossos alquimistas na carvoaria. Infelizmente, esses aspectos positivos não existem! Nesse ebook descrevemos o trabalho e trouxemos falas de pessoas escravizadas. Pode parecer estranho falar em pessoas escravizadas sendo que no texto não foram mencionados nenhum tipo de tortura com correntes, chicotes ou em senzalas. Mas, a escravidão contemporânea não é uma cópia perfeita daquela instituída no passado. Hoje, as características da escravidão contemporânea, ou trabalho análogo à escravidão, estão previstas no código penal brasileiro em seu artigo 149:



Reduzir alguém a condição análoga à de escravo, quer submetendo-o a trabalhos forçados ou a jornada exaustiva, quer sujeitando-o a condições degradantes de trabalho, quer restringindo, por qualquer meio, sua locomoção em razão de dívida contraída com o empregador ou preposto. Pena - reclusão, de 2 (dois) a 8 (oito) anos, e multa, além da pena correspondente à violência.

§1º Nas mesmas penas incorre quem:

- I - Cerceia o uso de qualquer meio de transporte por parte do trabalhador, com o fim de retê-lo no local de trabalho;
- II - Mantém vigilância ostensiva no local de trabalho ou se apodera de documentos ou objetos pessoais do trabalhador, com o fim de retê-lo no local de trabalho.

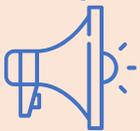
§2º A pena é aumentada de metade, se o crime é cometido:

- I - Contra criança ou adolescente;
- II - Por meio de preconceito de raça, cor, etnia, religião ou origem.

Uma jornada exaustiva é aquela que vai além das horas extras, cujos intervalos não são insuficientes para um descanso que recomponha as energias, o que coloca em risco a integridade física do trabalhador. Em muitos casos, o descanso semanal não é respeitado.



As condições degradantes são aquelas que atentam contra a dignidade do trabalhador. Dentre as muitas condições possíveis podemos citar: alojamento precário, péssima alimentação, maus tratos, falta de assistência médica, ausência de saneamento básico e água potável.



O trabalho forçado acontece quando uma pessoa é obrigada a trabalhar contra sua vontade, sem possibilidade de deixar o local devido às ameaças e violência física ou psicológica. Além disso, o distanciamento geográfico da região de exploração também é um impeditivo para o trabalhador deixar o local.



A servidão por dívida acontece quando os trabalhadores são impedidos de deixar o local de exploração em razão de uma dívida ilegal fabricada pelo empregador. Essa dívida pode ser proveniente de gastos com transporte, alimentação, aluguel ou compra de ferramentas de trabalho, cujos valores são superfaturados e descontados do salário do trabalhador.



De 1995 até 2018, foram resgatados 53607 trabalhadores(as) vítimas do trabalho escravo contemporâneo no Brasil. Para caracterização desse crime é necessário apresentar apenas uma das violações mencionadas acima.



Quais violações você consegue identificar no texto?

O ferro gusa produzido nas siderúrgicas passará ainda por outros processos para ser transformado em aço (uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono). O aço é utilizado na produção dos chassis dos automóveis, das vigas de sustentação da construção civil e em tantas outras cadeias produtivas de bens de consumo que usamos, corriqueiramente, em nosso cotidiano.

Portanto, considerando a discussão realizada acima, estamos indiretamente usufruindo da exploração de mão de obra de inúmeras trabalhadores. Nesse sentido, o trabalho escravo não é um problema apenas dos que diariamente sofrem nas carvoarias, nas plantações de tomate ou nas confecções têxteis, é um problema nosso também. Por isso, é importante conhecermos a origem dos produtos que compramos, pois o que é barato para nós pode ter custado a vida de nosso semelhante. Além disso, apesar de termos uma legislação eficiente para o combate do trabalho escravo contemporâneo, cabe a nós defendê-la e cobrar dos nossos representantes o seu efetivo cumprimento.

Referências

- KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. Química da madeira. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. Manual didático.
- MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. análise da madeira de pinus oocarpa parte i – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. Revista Árvore, Viçosa, v.29, n.3, p.461-470, Mai./Jun. 2005.
- SILVA, G. M. Pré-tratamento do bagaço de cana de açúcar com amônia aquosa para a produção de etanol. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Manual de Construção e Operação de Fornos de Carbonização. Série de Publicações Técnicas 007, Belo Horizonte, 1982. 55 p.
- DIAS, E. C.; ASSUNÇÃO, A. A.; GUERRA, C. B.; PRAIS, H. A. C. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. Cad. Saúde Pública [online], Rio de Janeiro, v.18, n.1, p.269-277. jan./fev. 2002.
- OLIVEIRA, J. B.; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M. G.; GOMES, P. A. Produção de carvão vegetal – aspectos técnicos. In: PENEDO, W. R (org). Produção de carvão vegetal. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p. 59-73.
- PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; TRUGILHO, P. F.; MELO, I. C. N. A.; OLIVEIRA, A. C. Estudo da degradação térmica da madeira de eucalyptus através de termogravimetria e calorimetria. Revista Arvore, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 567-576, 2013.
- CANAL, W. D.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, M. A.; CÂNDIDO, W. L.; FIALHO, L. F. Comportamento térmico, emissão de gases condensáveis e não condensáveis no processo de carbonização da madeira. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v. 36, n. 87, p. 261-267, jul./set. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Manual de construção e operação do forno rabo-quente. Natal, 1999. 24p. Manual.
- PEREIRA, A. Os desafios para o trabalho nas carvoarias de ribas do Rio Pardo/MS. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.
- CAETANO, E. C. O. No calor do inferno: trabalho e trabalhadores das carvoarias no entorno da cidade de Curvelo/MG. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Perfil dos principais atores envolvidos no trabalho escravo rural no Brasil. Brasília: OIT, 2011.

ONG REPÓRTER BRASIL. Escravo, nem pensar!: Uma abordagem sobre trabalho escravo contemporâneo na sala de aula e na comunidade. São Paulo: Repórter Brasil, 2º ed. 2012. 152 p.

REPÓRTER BRASIL. Cadeias Produtivas & Trabalho Escravo: Babaçu, Cana, Carne, Carvão, Soja. 2011.

BRASIL. Lei nº 10.803, de 11 de dezembro de 2003. Altera o art. 149 do Decreto-Lei no 2.848, de 7 de dezembro de 1940 - Código Penal, para estabelecer penas ao crime nele tipificado e indicar as hipóteses em que se configura condição análoga à de escravo. Diário oficial da união, Brasília, DF, 11 dez. 2003.

GEPEQ. Interações e transformações I: Elaborando conceitos sobre transformação química. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2012. 344p.

ODA, M. Operação flagra trabalho escravo em carvoaria de Pintópolis, Minas Gerais. G1 Grande Minas, 16 fev. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/grande-minas/noticia/2014/09/operacao-flagra-trabalho-escravo-e-em-carvoaria-de-pintopolis-mg.html>>. Acesso 21 de fev. 2020.

Operação flagra trabalho escravo em carvoaria de Pintópolis. Grande Minas, 16 fev. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/grande-minas/mgintertv-1edicao/videos/t/edicoes/v/operacao-flagra-trabalho-escravo-em-carvoaria-de-pintopolis/3633020/>>. Acesso 21 de fev. 2020.

Veja fotos de carvoaria em Pintópolis. G1 Grande Minas, 16 fev. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/grande-minas/fotos/2014/09/eles-estao-sendo-tratados-como-objetos-diz-auditor-fiscal-do-trabalho.html#F1349210>>. Acesso 21 de fev. 2020.

→ **Imagens**