Grupo Técnico de Oxigênio

Expansão Rápida de Capacidades de Atenção Clínica

Recomendações para adoção e aquisição de usinas geradoras de oxigênio mediante adsorção por alternância de pressão

OPAS
Organização Pan-Americana da Saúde
Organização Mundial da Saúde
Américas

Versão abril 2022

Recomendações para adoção e aquisição de usinas geradoras de oxigênio mediante adsorção por alternância de pressão

Versão abril 2022

OPAS Organização Pan-Americana da Saúde
Organização Mundial da Saúde
ESCRITÓRIO REGIONAL PARA AS Américas

Washington, D.C., 2022

Recomendações para adoção e aquisição de usinas geradoras de oxigênio mediante adsorção por alternância de pressão

OPAS/PHE/IMS/COVID-19/22-0006

© Organização Pan-Americana da Saúde 2022

Alguns direitos reservados. Esta obra está disponível nos termos da licença Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 OIG de Creative Commons; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.pt.

De acordo com os termos desta licença, esta obra pode ser copiada, redistribuída e adaptada para fins não comerciais, desde que a nova obra seja publicada com a mesma licença Creative Commons, ou equivalente, e com a referência bibliográfica adequada. Em nenhuma circunstância deve-se dar a entender que a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) endossa uma determinada organização, produto ou serviço. O uso do logotipo da OPAS não é autorizado.

A OPAS adotou todas as precauções razoáveis para verificar as informações constantes desta publicação. No entanto, o material publicado está sendo distribuído sem nenhum tipo de garantia, seja expressa ou implícita. A responsabilidade pela interpretação e uso do material recai sobre o leitor. Em nenhum caso a OPAS será responsável por prejuízos decorrentes de sua utilização.

Fotografia da capa: © Governo Regional de Callao| Flickr.com

© Legado OficialPE | Flickr.com

Sumário

Siglas.....v

Introdução.....1

1. A adoção de usinas de adsorção por alternância de pressão.....2

Princípios de operação de uma usina de adsorção por alternância de pressão.....2

Desafios da tecnologia de adsorção por alternância de pressão.....14

Vantagens e desvantagens de uma usina de adsorção por alternância de pressão.....19

2. A aquisição de uma usina de adsorção por alternância de pressão.....20

Considerações no momento da compra de uma usina de adsorção por alternância de pressão.....20

Contenção de custos na produção de oxigênio.....24

Perguntas e respostas frequentes sobre a compra de uma usina de adsorção por alternância de pressão.....25

Formulário de solicitação de informações sobre o produto ao fornecedor.....30

Bibliografia.....31

Glossário.....32

Anexo. Lista de verificação comparativa para a aquisição de usinas de adsorção por alternância de pressão.....34

Siglas

CLP	controlador lógico programável
EPOC	doença pulmonar obstrutiva crônica
PSA	adsorção por alternância de pressão (sigla em inglês)
PSI	libra-força por polegada quadrada (sigla em inglês)

Introdução

A avaliação de tecnologias em saúde é cada vez mais comum e necessária para os países em desenvolvimento. Essa prática muitas vezes revela custos ocultos e permite que os estabelecimentos de saúde reúnam elementos que aumentam a vida útil das tecnologias adotadas, como é o caso das usinas geradoras de oxigênio. Apesar de ser um equipamento aparentemente complexo, é no processo de avaliação antes da compra que se inicia a incorporação de uma tecnologia em saúde e se constrói a garantia de um sistema racional, sustentável e seguro.

Embora em grandes centros de saúde a utilização de oxigênio líquido como principal fonte de suprimento possa ser vantajosa, essa tecnologia não se aplica a todos os casos devido a vários problemas, tais como falta de empresas fornecedoras, variabilidade de preços conforme a demanda e dificuldades logísticas (falta de estradas ou distâncias muito longas). Nesses casos, as usinas geradoras de oxigênio podem ser mais vantajosas, desde que todos os aspectos de sua implantação sejam devidamente avaliados, tanto os de natureza técnica quanto os de natureza administrativa e financeira.

É importante lembrar que uma central completa de suprimento de oxigênio para um estabelecimento de saúde é composta por três tipos de suprimento: o suprimento primário e principal; o suprimento secundário com capacidade idêntica ao primário, para atender o hospital em caso de falha do primário; e a reserva de emergência, que deve ser responsável pelo abastecimento em caso de falha dos dois anteriores.

Esta publicação pretende fornecer uma visão geral aos profissionais que desejam iniciar um processo de avaliação, adoção e aquisição de usinas geradoras de oxigênio que utilizam tecnologia de adsorção por alternância de pressão (PSA, na sigla em inglês), por meio da coleta de informações comparativas sobre aspectos técnicos, administrativos e financeiros. O documento está dividido em duas partes: a primeira se concentra na descrição da tecnologia e as vantagens e desvantagens de sua adoção pelos estabelecimentos de saúde; a segunda discorre sobre os principais aspectos necessários para que os profissionais realizem um procedimento de aquisição mais eficiente.

1. A adoção de usinas de adsorção por alternância de pressão

Em várias ocasiões, a pandemia de COVID-19 provocou um déficit no suprimento de oxigênio em muitos estabelecimentos de saúde. Uma solução para sanar esse déficit é adquirir usinas geradoras de oxigênio, de preferência com tecnologia PSA, por meio de processos de compra nacionais ou internacionais.

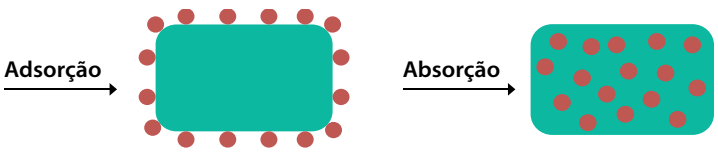
Muitos estabelecimentos e mesmo sistemas de saúde foram ou estão sendo obrigados a substituir seus meios usuais de abastecimento (oxigênio líquido ou cilindros de oxigênio gasoso) por usinas de PSA para cobrir suas necessidades de abastecimento primário, secundário e emergencial. No entanto, por carecer de experiência com essa nova tecnologia em seus sistemas, os estabelecimentos tiveram ou podem ter problemas durante o processo de aquisição, como, por exemplo, comprando equipamentos que podem não atender às necessidades de suprimento de oxigênio do estabelecimento, não apenas as necessidades quantitativas e qualitativas, mas também em termos técnicos, administrativos ou financeiros.

A primeira parte deste documento explica como funciona uma usina geradora de oxigênio PSA e quais são seus componentes e seus principais desafios operacionais; e descreve brevemente as vantagens e desvantagens em relação a outros métodos de suprimento. O objetivo é que os tomadores de decisão possam entender melhor como essa tecnologia funciona e optar por ela se for a melhor solução naquele momento para corrigir um possível déficit de suprimento.

Princípios de operação de uma usina de adsorção por alternância de pressão

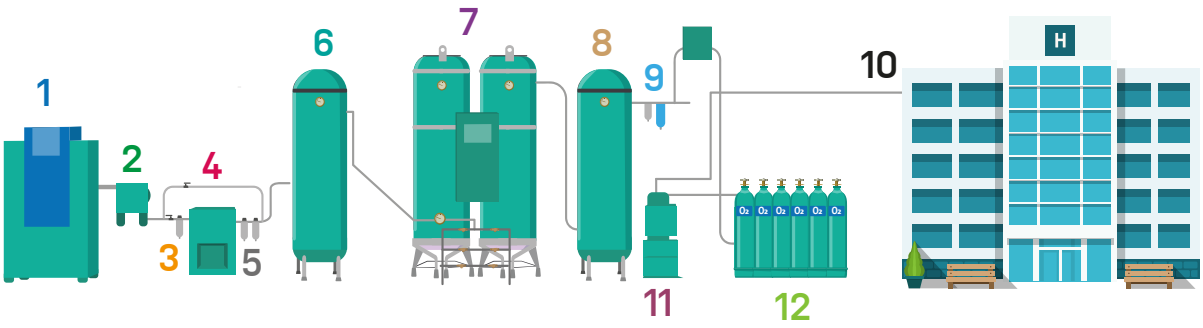
Uma usina geradora de oxigênio do tipo PSA utiliza um processo físico-químico chamado adsorção (figura 1), que consiste na separação do oxigênio (O_2) do nitrogênio (N_2) presentes no ar, que é o principal insumo a ser processado. Quando o ar (21% O_2 + 78% N_2 + 0,93% argônio) entra em contato com o elemento adsorvente, o nitrogênio adere à superfície do material adsorvente (zeólita) e permite que o oxigênio passe livremente. A zeólita age como uma peneira para as moléculas de nitrogênio, até se encher completamente e perder a capacidade de separar o oxigênio do ar. Por esse motivo, as usinas de PSA utilizam duas colunas de material adsorvente: enquanto uma está produzindo oxigênio, a segunda se prepara para o próximo ciclo. Isso confere à usina uma capacidade de produção praticamente ininterrupta.

Figura 1. Diferença entre um processo de adsorção e um processo de absorção



A figura 2 mostra as principais partes do processo de funcionamento de uma usina geradora de oxigênio do tipo PSA, que serão detalhadas a seguir.

Figura 2. Diagrama exemplificativo de uma instalação e seus principais componentes



1 - Compressor de ar
2 - Pós-resfriador de ar
3 - Pré-filtro de ar
4 - Secador de ar
5 - Pós-filtro de ar
6 - Tanque pulmão de ar
7 - PSA
8 - Tanque pulmão de oxigênio
9 - Filtro de oxigênio
10 - Hospital
11 - Compressor para enchimento
12 - Bateria de cilindros

PSA: adsorção por alternância de pressão.

Ar ambiente

O ar ambiente (figura 3) e a eletricidade são os principais insumos para a produção de oxigênio por PSA. Como o oxigênio é retirado do ar ambiente, é necessário um compressor para garantir que a quantidade necessária de ar seja obtida e para atingir a pressão ideal para a produção do gás.

O local onde a usina de PSA será instalada e a qualidade do ar ao seu redor determinarão o nível de tratamento necessário. É comum que sejam utilizados filtros para garantir a pureza do ar e a eliminação de partículas de água, óleo, odores e poluentes como o dióxido de carbono (CO_2) e o monóxido de carbono (CO).

Figura 3. Ar ambiente

N_2 78%
O_2 21%
Ar 1%

Compressor

O compressor (figura 4) capta o ar à temperatura e pressão ambientes e o introduz no sistema a uma pressão mais elevada. Embora todos os elementos da usina de PSA sejam essenciais para a produção de oxigênio de alta qualidade, o compressor é o elemento que mais requer cuidados ao longo do ciclo de vida da instalação no estabelecimento. Como o compressor contém partes móveis e está sujeito a desgaste, um bom plano de manutenção deve ser considerado ao planejar a compra da usina. Por outro lado, um compressor de ar é um equipamento amplamente utilizado no mundo todo, de modo que seu sistema de manutenção pode ser desenvolvido e colocado em prática pela própria equipe de engenharia do estabelecimento de saúde.

O compressor é o equipamento que mais consome energia elétrica no processo PSA e praticamente definirá o custo de produção. Como a potência do compressor pode ser bastante elevada, é fundamental verificar se o sistema elétrico do estabelecimento é capaz de suportar essa nova carga. Se não, o aumento dessa capacidade deve ser considerado em termos de espaço e custo. Quanto maior a potência do compressor em kW (quilowatts), maior o consumo de energia elétrica.

Figura 4. Compressor de ar para produção de oxigênio medicinal

© Legado OficialPE | Flickr.com

Observação: à esquerda, em amarelo, exemplo de compressor de ar utilizado na produção de oxigênio medicinal. Tais compressores geralmente têm forma cúbica e dimensões variáveis.

Tratamento do ar

O tratamento do ar o condiciona física e quimicamente antes da etapa de adsorção de nitrogênio. É um processo de extrema importância, pois, além de garantir uma maior qualidade do oxigênio produzido, confere maior vida útil ao meio adsorvente.

Além do CO_2 e CO, o teor de umidade do ar a ser comprimido e tratado também deve ser reduzido ao mínimo possível. Para tanto, a usina deve contar com filtros (figura 5) e secadores de ar.

É importante ter em conta que, quando o ar é comprimido, o vapor de água dentro dele também é comprimido. Por isso, é preciso remover toda a água contida no ar logo após a sua compressão.

Figura 5. Exemplos de sistemas de filtragem de ar

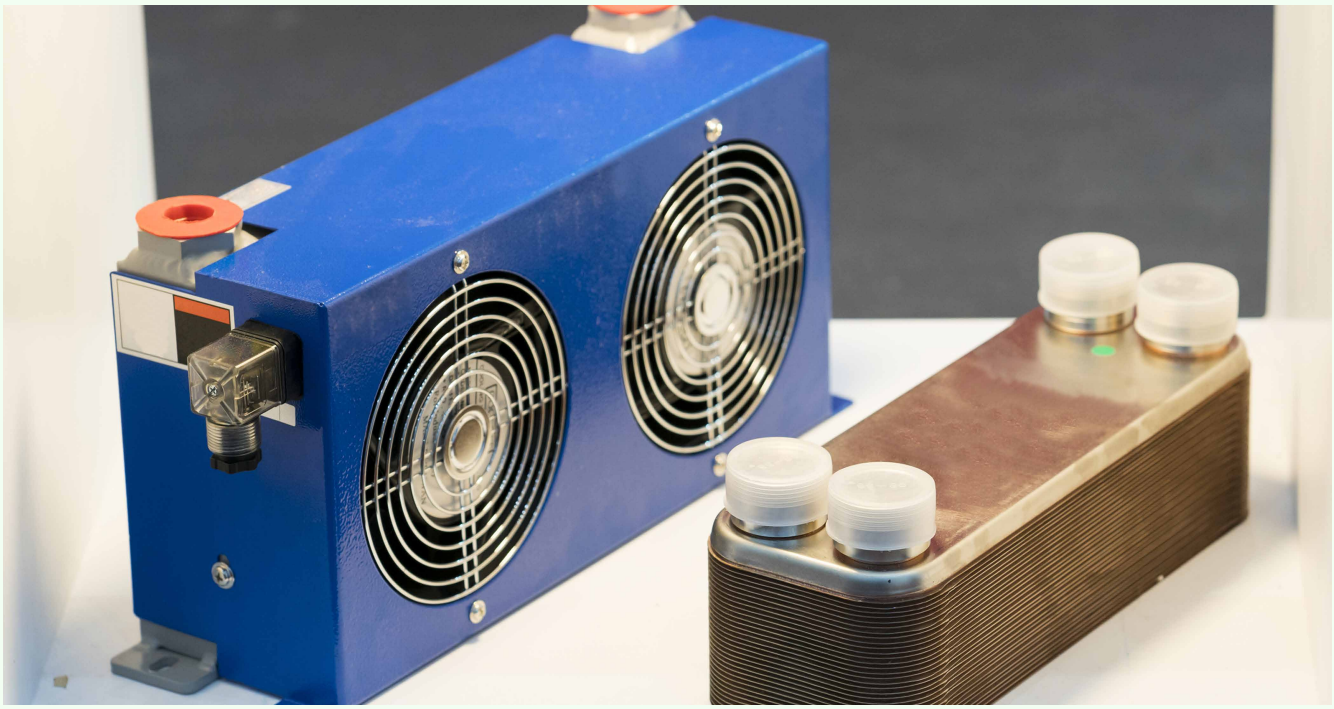
©Paraguai | OPAS

Observação: os sistemas possuem elementos filtrantes que precisam ser trocados com frequência. Alguns incluem indicadores que sinalizam o momento exato para a troca do elemento.

Para isso, pode-se utilizar uma combinação de recursos tecnológicos disponíveis no mercado, que devem ser escolhidos levando em consideração o teor de umidade do ar onde a usina será instalada. Em regiões onde a umidade relativa é alta, a remoção da água é essencial, mas também mais complexa. Comparativamente, em regiões onde o ar é mais seco, o sistema pode ser menos complexo. A secagem do ar geralmente é realizada em duas etapas:

A primeira etapa de secagem visa remover o grosso da água presente no ar após a compressão. Para isso, podem ser utilizados condensadores ou trocadores de calor (figura 6), que utilizam o próprio ar ambiente para resfriar o ar comprimido e provocar sua condensação.

Figura 6. Condensador de umidade



© Sorapol Ujjin | Dreamstime.com

Observação: condensador de umidade usado antes do sistema de secagem de ar propriamente dito. Este sistema pode contar com um dispositivo de filtragem instalado a montante, que resfria o ar que sai do compressor e realiza uma primeira etapa de secagem.

A segunda etapa do processo de secagem visa remover qualquer vapor de água que ainda possa estar presente no ar. Nesses casos, os fabricantes podem usar dois métodos: secagem por refrigeração (figura 7) e secagem por adsorção. Em alguns países, as leis ou regulamentos podem exigir o uso de um sistema ou do outro.

A secagem por refrigeração utiliza um ciclo de refrigeração semelhante ao das geladeiras domésticas para resfriar o ar e condensar a umidade residual.

Figura 7. Secador de ar

© Legado OficialPE | Flickr.com

Observação: em amarelo, um exemplo de secador de ar que extrai a umidade do ar e o torna adequado para a produção de oxigênio.

A secagem por adsorção (figura 8) emprega o mesmo princípio físico-químico usado na usina de PSA. Porém, nesse caso, o que é removido do ar é a água e não o nitrogênio. A secagem por adsorção permite retirar mais água do que a secagem por refrigeração, embora a decisão sobre a melhor tecnologia a ser utilizada seja determinada pelas características do ar ambiente no local de instalação.

Figura 8. Secador de ar por adsorção

© Dominica | OPAS

Observação: em azul, um exemplo de secador de ar por adsorção, que extrai a umidade do ar e o torna adequado para a produção de oxigênio.

Armazenamento do ar comprimido

Uma vez comprimido, filtrado e seco, o ar é considerado tratado e passa a ser armazenado em um reservatório (figura 9), onde ficará disponível para passar pelo processo de adsorção de nitrogênio, no qual o oxigênio será obtido. Os fabricantes podem empregar mais de um reservatório no processo produtivo – por exemplo, um ou dois antes do tratamento e um ou dois depois do tratamento. Por isso, antes da compra, é importante garantir que, caso o estabelecimento esteja considerando comprar mais de uma usina, elas tenham a mesma estrutura tecnológica e os mesmos componentes, bem como o mesmo número de reservatórios.

Figura 9. Reservatório de ar comprimido

©Paraguai | OPAS

Observação: à esquerda, um exemplo de tanque pulmão de ar comprimido. A adsorção por alternância de pressão permite o uso de um ou mais desses reservatórios.

Colunas 1 e 2 e controladores lógicos programáveis

Os concentradores de oxigênio foram introduzidos no final da década de 1960 e, desde então, passaram por sucessivos processos de melhoramento. Um dos pontos interessantes é o controle da alternância da usina entre as colunas 1 e 2. No passado, esse controle era feito eletromecanicamente, o que dificultava o controle e a avaliação do desempenho da usina. Atualmente, isso é feito por controladores lógicos programáveis (CLP, também conhecidos como PLC pela sigla em inglês), que aumentam a precisão da operação e de possíveis ajustes.

As colunas, suas válvulas e o CLP (figura 10) que controla a produção são os componentes da planta de PSA que efetivamente geram o oxigênio. As colunas são utilizadas para armazenar o meio adsorvente (zeólita) e são dimensionadas de acordo com a quantidade desejada de oxigênio. O controlador, por sua vez, realiza um conjunto de funções, como a medição de vazões, pressões, concentração de oxigênio e tempos de operação de cada fase do ciclo produtivo.

Figura 10. Colunas de adsorção

© Governo Regional de Callao | Flickr.com

Observação: exemplo de colunas de adsorção de uma usina de adsorção por alternância de pressão, suas válvulas e controlador lógico programável.

Armazenamento do oxigênio

Uma vez separado o ar ambiente, o oxigênio é armazenado em outro reservatório (figura 11) e está pronto para uso, o qual pode ser realizado de duas formas: a primeira é o abastecimento direto da rede de distribuição existente do estabelecimento de saúde; a segunda é o preenchimento de cilindros para suprimento reserva ou para distribuição em locais onde seja necessário, como doentes em cuidados domiciliários ou em situação de transporte.

Figura 11. Tanques para armazenamento do oxigênio produzido por adsorção

© Legado OficialPE | Flickr.com

Observação: ao centro, em aço inoxidável, dois tanques pulmão de oxigênio para armazenar a produção por adsorção.

Rede de distribuição

A rede de distribuição (figura 12) é o conjunto de tubulações e dispositivos de segurança e controle que permitem que o oxigênio seja levado de sua fonte de produção ou suprimento até o posto de utilização nas áreas de atendimento ao paciente hospitalar.

Figura 12. Rede de gás medicinal

© Legado OficialPE | Flickr.com

Observação: exemplo de uma rede de gases medicinais. A cor verde refere-se ao oxigênio medicinal, e a seta preta aponta na direção do fluxo do gás.

O estabelecimento de saúde e o tipo de assistência médica que oferece determinam o tamanho da usina PSA ou sua capacidade de produção. Recomenda-se que a capacidade da usina considere o número de postos de utilização de oxigênio existentes no estabelecimento, como os apresentados na figura 13. A cada posto de utilização e área a ser suprida pela usina, deve ser atribuído um fluxo de oxigênio necessário: a soma final representa a capacidade necessária. É possível que, dependendo do país, existam diferentes recomendações sobre como dimensionar a capacidade de produção de oxigênio necessária.

Figura 13. Postos de utilização de oxigênio

© Pongphan Ruengchai | Dreamstime.com

Observação: exemplo de postos de utilização de oxigênio gasoso, representado pela cor verde. A instalação pode ser realizada em réguas com pontos de consumo para vários gases ou através de postos de consumo isolados.

O quadro 1 detalha um exemplo de como medir a quantidade de oxigênio necessária para pacientes com COVID-19.

Quadro 1. Consumo de oxigênio recomendado para tratamento de pacientes com COVID-19

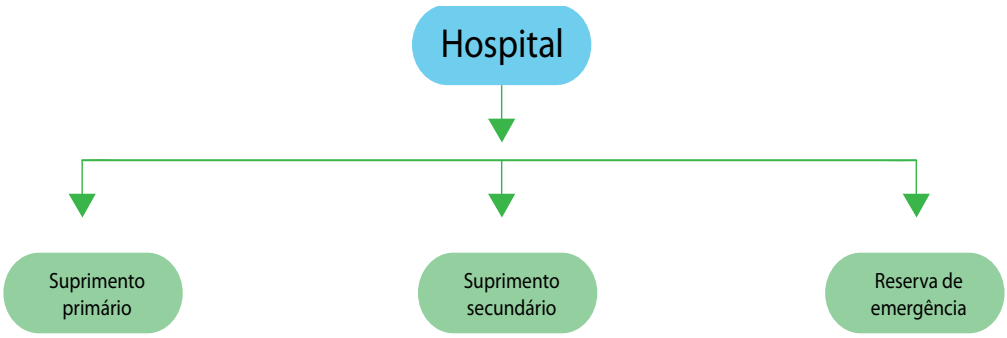
Unidade hipotética de tratamento da COVID-19 com 100 leitos				
Gravidade da doença	**Fluxo médio de oxigênio**		**Dimensionamento das soluções**	
	Por paciente	**Total**	**Gerador PSA**	**Líquido a granel**
Grave 75 pacientes	10 L/min	75 × 10 × 60 = 45.000 L	= 45 m^3/h	= 1,25 m^3/h
Crítica 25 pacientes	30 L/min	25 × 30 × 60 = 45.000 L	= 45 m^3/h	= 1,25 m^3/h
		90.000 L/h	= 90 m^3/h	= 2,5 m^3/h

PSA: adsorção por alternância de pressão.

Ao dimensionar a rede de distribuição, é importante que o estabelecimento considere futuros projetos de expansão ou fornecimento adicional de oxigênio para preencher cilindros, caso haja a necessidade de transportar o oxigênio produzido para outros locais distantes de onde está instalada a usina.

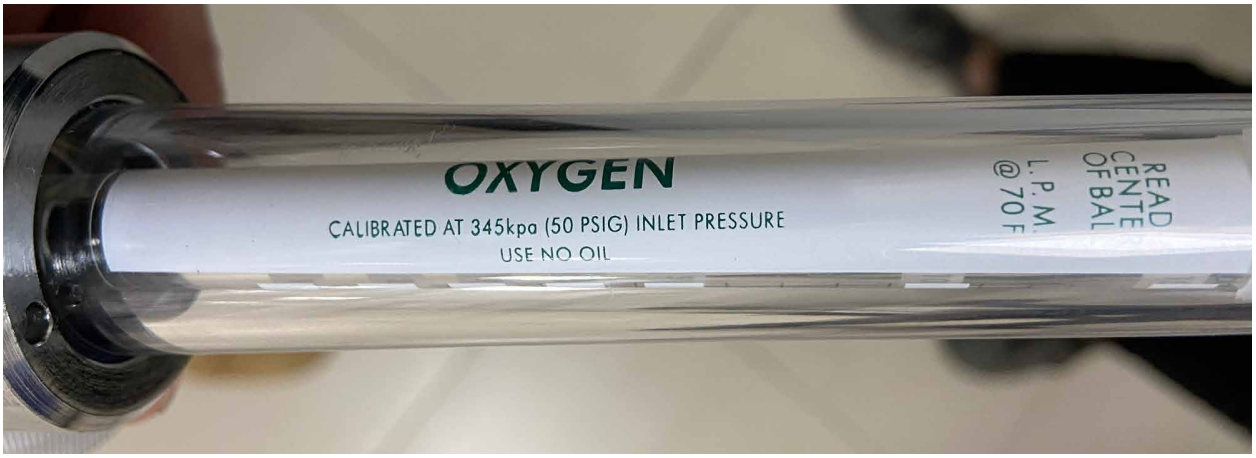
O estabelecimento deve considerar outros aspectos para aproveitar a oportunidade de ajustar sua matriz de abastecimento (figura 14). É possível comprar duas usinas, ou seja, uma para o suprimento primário e outra para o suprimento secundário. Também é preciso verificar, a partir de um inventário dos equipamentos e dispositivos de oxigenoterapia, se as capacidades são suficientes ou se são necessários ajustes. Também é importante considerar que tanto a pressão da rede quanto a pressão interna dos cilindros podem ser ajustadas neste momento.

Figura 14. Suprimentos



É importante observar que a rede de distribuição de oxigênio deve ter sua pressão ajustada para um valor próximo a 50 libras-força por polegada quadrada (psi) (345 kPa; 3,45 bar; 3,52 kgf/cm^2), o que evita a necessidade de válvula redutora de pressão da rede e garante uma distribuição mais precisa do oxigênio pelos fluxômetros a ela conectados (figura 15).

Figura 15. Fluxômetro



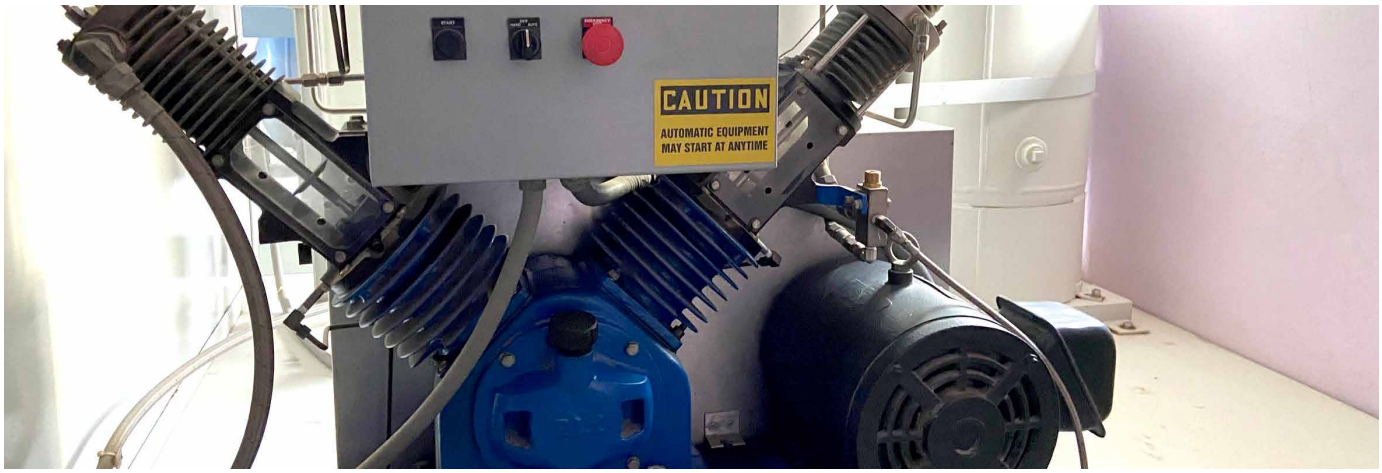
© Dominica | OPAS

Observação: fluxômetro com marcação no corpo indicando que a pressão de uso é de 50 libras-força por polegada quadrada.

Compressor de oxigênio

Para armazenar uma grande quantidade de oxigênio em um pequeno volume, como o de um cilindro, é necessário aumentar sua pressão. Para isso, as usinas de PSA podem incluir um sistema de enchimento de cilindros com um ou mais compressores. Esse tipo de compressor (figura 16) é diferente do compressor de ar, pois geralmente trabalha com vazões mais baixas, mas atinge pressões altíssimas, de cerca de 2.200 psi (15.168 kPa; 151,7 bar; 154 kgf/cm^2). Caso o estabelecimento opte por esse sistema de trabalho, a usina de PSA deve ter um excedente de capacidade de produção. Para atingir esses valores de pressão tão elevados, o compressor de oxigênio tem pelo menos dois estágios de compressão.

Figura 16. Compressor de oxigênio para enchimento de cilindros



© Pongphan Ruengchai | Dreamstime.com

Cilindros

Os cilindros armazenam o oxigênio em estado gasoso. Caso o estabelecimento adquira um compressor de oxigênio para envase, também deve adquirir ou possuir cilindros adicionais (figura 17). O dimensionamento da quantidade de cilindros depende do tempo que leva para encher um cilindro, do número de consumidores que precisam do gás e do número de pacientes que o estabelecimento atende.

Figura 17. Estação para enchimento de cilindros

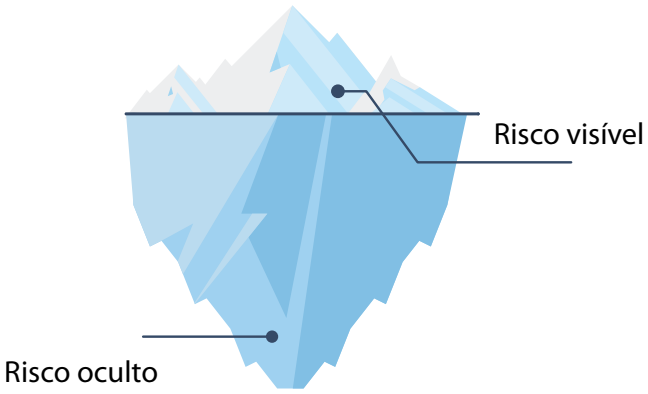
© Dominica | OPAS

Observação: exemplo de estação para enchimento de cilindros. O número de cilindros depende da capacidade de produção da usina de adsorção por alternância de pressão.

Desafios da tecnologia de adsorção por alternância de pressão

Embora toda tecnologia em saúde tenha aspectos positivos, é importante conhecer os riscos ocultos (figura 18) associados a cada uma delas. Nesse sentido, uma série de aspectos a serem levados em consideração antes da adoção de uma usina PSA serão detalhados a seguir. O planejamento para a incorporação de usinas PSA deve levar em conta todos os aspectos positivos, mas sem deixar de procurar e conhecer os problemas em potencial e se preparar para eles.

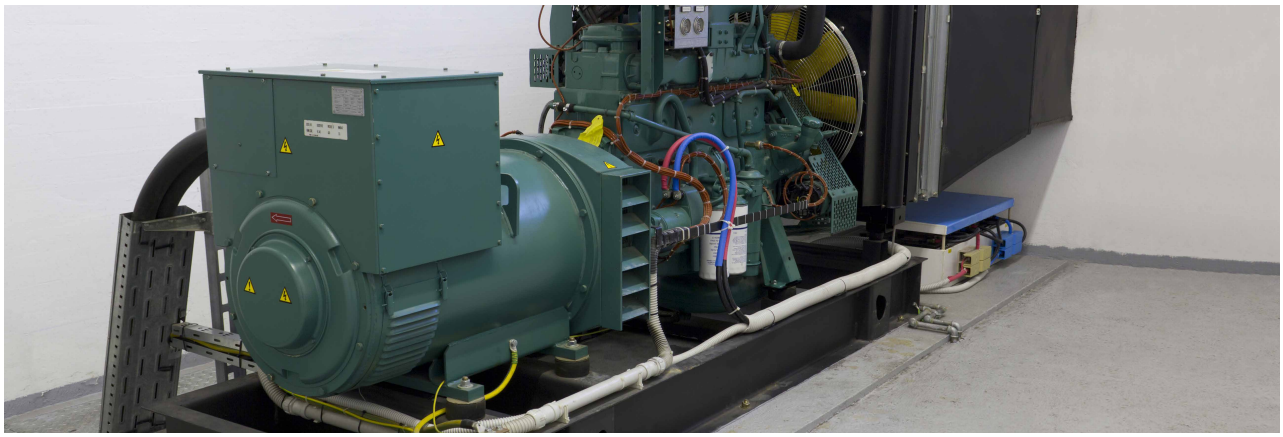
Figura 18. Risco visível e risco oculto



Eletricidade

Conforme mencionado anteriormente, a energia elétrica é um dos insumos essenciais para o funcionamento de uma usina de PSA. Devido à possibilidade de falha no fornecimento de energia elétrica por parte do fornecedor, é necessário avaliar se o estabelecimento possui gerador de energia elétrica (figura 19) e se o gerador, por sua vez, é capaz de fornecer energia elétrica suficiente para atender essa nova carga imposta pela usina. Caso não haja gerador ou o gerador atual não tenha capacidade de abastecimento suficiente, recomenda-se considerar a seleção e aquisição de um gerador novo, a fim de garantir o suprimento elétrico para a operação ininterrupta da usina.

Figura 19. Gerador de energia de emergência

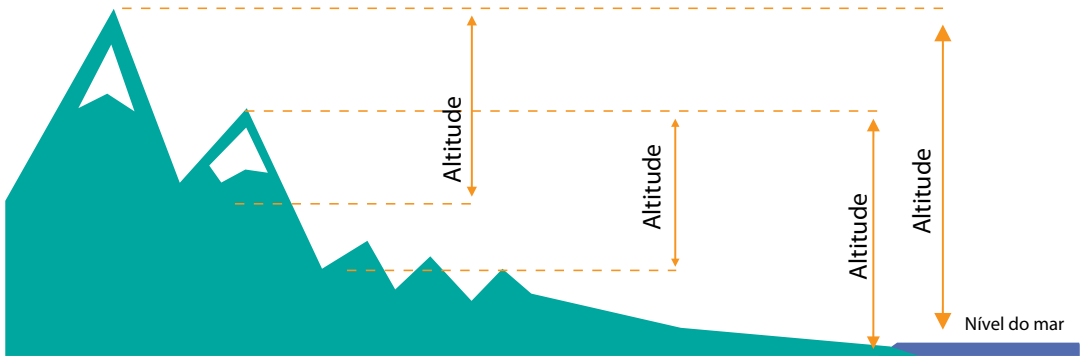


© Emel82 | Dreamstime.com

Altitude do estabelecimento de saúde

Da mesma forma que a concentração de oxigênio no ar é menor em altitudes elevadas do que no nível do mar, a produtividade de uma usina de PSA será comprometida se for instalada em altitudes mais elevadas (figura 20). Nesses casos, recomenda-se maior cuidado no dimensionamento da capacidade de produção da usina geradora de oxigênio.

Figura 20. Altitude em relação ao nível do mar



Concentração do oxigênio produzido

Esse tipo de equipamento tem uma certa limitação em termos da concentração do oxigênio produzido. Por não produzir oxigênio em alta concentração (99,5%), pode não ser útil para alguns tipos de pacientes acometidos por doenças mais graves. Para esses casos, recomenda-se que o estabelecimento busque alternativas para fornecer oxigênio de maior pureza.

A concentração do oxigênio produzido pode ficar abaixo do valor mínimo estimado devido a uma falha do equipamento ou falta de manutenção. Para os casos de baixa concentração de oxigênio, as usinas PSA devem possuir um sistema de alarme audível e visual.

Dependendo do fabricante, o sistema de alarme pode contemplar várias possibilidades de acionamento e avisar uma ou mais pessoas da ocorrência de um problema na usina.

Em alguns países, o oxigênio produzido por tecnologia PSA não pode ser utilizado em procedimentos de anestesia inalatória com circuito fechado. Por esse motivo, recomenda-se que os anestesiologistas do estabelecimento também estejam envolvidos no processo de planejamento de aquisição.

Treinamento das equipes técnicas e assistenciais

Um dos maiores problemas de uma usina de PSA não está relacionado à usina em si, mas à forma como a produção de oxigênio é gerenciada. É de suma importância que o estabelecimento entenda que deixou de ser consumidor para se tornar produtor desse medicamento. Nesse sentido, um treinamento completo para todo o pessoal do estabelecimento envolvido no processo deve ser planejado, realizado e apresentado.

Como o oxigênio é considerado um medicamento, é essencial que o pessoal da farmácia seja capacitado nos métodos e nas formas de gerenciamento de risco que podem ser usados para garantir a qualidade da produção.

Como o oxigênio produzido pelas usinas de PSA é menos puro que o oxigênio medicinal convencional, todos os profissionais que manuseiam esse gás devem ser informados claramente que a concentração oferecida não é de 99,5%. Uma maneira de fazer isso é identificar a concentração do gás em cada posto de utilização, por exemplo, com rótulos portando a indicação "O_2 93%". Outra forma é oferecer medidores de concentração portáteis (figura 21) para todos os profissionais que trabalham com oxigenoterapia.

Figura 21. Medidor de concentração de oxigênio

© Romans Klevcovs | Dreamstime.com

Os responsáveis pela operação da usina geralmente são oriundos do serviço de engenharia do estabelecimento de saúde e precisam receber treinamento completo sobre como operar a usina e como realizar atividades de manutenção preventiva e corretiva nos equipamentos que a compõem. Essas atividades ajudam a aumentar a consistência do plano de controle de qualidade a ser implementado pelo centro de saúde.

Dependendo de condições como distância de grandes centros e dificuldade de acesso externo, deve-se procurar garantir o treinamento da equipe técnica do hospital junto ao fabricante, ainda durante o processo de compra.

Além disso, considerando a importância jurídica de uma possível má gestão da usina de PSA, o treinamento deve emitir certificação para os participantes, condicionada à verificação da aprendizagem. A verificação da aprendizagem do treinamento deve ser realizada e registrada para todo programa de ensino, seja mais ou menos complexo. Sugere-se definir o grau de complexidade da manutenção que o estabelecimento necessitará realizar. A complexidade da manutenção pode ser dividida em quatro graus, conforme mostra o quadro 2.

Quadro 2. Graus de complexidade da manutenção de usinas geradoras de oxigênio com tecnologia de adsorção por alternância de pressão

Grau de complexidade	Tipo de manutenção
Primeiro nível (menos complexo)	Manutenção pelo operador
Segundo nível	Manutenção que envolve processos de medição e registro
Terceiro nível	Manutenção que envolve calibração, ajustes e configuração de equipamentos
Quarto nível (mais complexo)	Manutenção realizada pelo próprio fabricante quando justificada

Fatores que afetam a produção e a qualidade do oxigênio produzido

Entre os fatores que podem afetar a capacidade de produção de uma usina de PSA em relação aos níveis de desempenho de projeto, estão os seguintes:

- pureza e umidade do ar;
- contaminação do meio ambiente;
- altitude onde a usina está instalada;
- contaminação do meio adsorvente (zeólita) com vapor de água ou partículas de óleo;
- obstrução da entrada e saída de ar;

- falta de limpeza dos filtros ou falta de troca dos elementos filtrantes;
- falta de ventilação no ambiente;
- falta de treinamento para o pessoal envolvido;
- falta de instrumentos de medição, como oxímetros industriais;
- falta de manutenção;
- falhas nos sistemas de segurança etc.

Por esses motivos, durante o planejamento da adoção, todos esses fatores devem ser conhecidos e analisados. Além disso, deve ser elaborada uma abordagem de possíveis soluções para cada um deles, a fim de aumentar a segurança do processo produtivo.

Segurança: risco de incêndio

O oxigênio é um gás extremamente oxidante e, na presença de combustíveis, requer pouca quantidade de calor para queimar materiais como tecido, papel, plástico, madeira e até mesmo algumas ligas metálicas que contêm alumínio, metal que possui baixo ponto de fusão. Uma avaliação completa desse tipo de risco deve ser considerada durante o planejamento da compra de uma usina de PSA.

Uma das formas de reduzir os riscos de incêndio é não utilizar produtos combustíveis dentro da usina ou próximo a ela. Lubrificantes, combustíveis, desinfetantes inflamáveis etc. devem ser proibidos nas áreas de produção e enchimento de cilindros. Também deve haver sinalização clara dessa proibição em áreas estratégicas da instalação.

O estabelecimento deve considerar que os riscos sempre existem, mesmo em relação ao sistema de suprimento convencional. Adotar uma atitude proativa em relação ao assunto, bem antes da compra, reduz ou elimina a probabilidade de acidentes. Em casos de instalação emergencial de usinas de PSA, essa atividade é extremamente importante.

Vantagens e desvantagens de uma usina de adsorção por alternância de pressão

As usinas concentradoras de oxigênio são utilizadas para produzir esse gás em grandes quantidades e a pressões superiores às oferecidas pelos concentradores portáteis, o que possibilita atender maiores demandas, como é o caso de hospitais e postos de saúde de médio e pequeno porte. O oxigênio gerado por usinas desse tipo é útil para pacientes com dificuldades respiratórias como hipoxemia causada por COVID-19 ou hipoxemia crônica grave, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) ou edema pulmonar, bem como para pacientes que necessitam de assistência ventilatória, inalação de medicamentos e procedimentos de anestesia. O quadro 3 mostra as vantagens e desvantagens dessas usinas em relação a outras fontes de suprimento.

Quadro 3. Vantagens e desvantagens das diferentes fontes de suprimento de oxigênio

	Oxigênio líquido	Cilindros de oxigênio gasoso
Vantagens da PSA frente a	• Suprimento contínuo, sem depender de fornecedores externos • Redução de custos a longo prazo • Sem risco de congelamento • Facilidade de instalação de sistemas de enchimento de cilindros • Instalação própria	• Suprimento contínuo, sem necessidade de trocar cilindros ou depender de fornecedores externos • Redução de custos a longo prazo • Minimização de riscos devidos à manipulação da fonte
Desvantagens da PSA frente a	• Menor qualidade do oxigênio • Necessidade de manutenção contínua dos componentes • Preço mais alto no curto prazo • Instalação própria • Vazão limitada pela produção	• Necessidade de manutenção contínua dos componentes • Preço a curto prazo • Requer rede de oxigênio canalizada, mesmo em pequenos estabelecimentos que não atendem pacientes graves ou críticos • Tempo de instalação • Mobilidade reduzida

PSA: adsorção por alternância de pressão.

Durante a pandemia de COVID-19, as usinas geradoras de oxigênio mostraram-se muito úteis para a produção de oxigênio e eficazes em praticamente qualquer local e nível de demanda, sobretudo por proporcionar independência do suprimento que outras fontes exigem e, portanto, melhorar a acessibilidade da população ao oxigênio, medicamento necessário para o tratamento e cuidado de inúmeros pacientes em todo o mundo e que assumiu importância ainda mais significativa na resposta à atual pandemia de COVID-19.

Este documento não recomenda o uso de uma fonte de suprimento ou outra, pois todas são válidas. No entanto, sua eficiência dependerá de fatores situacionais.

2. A aquisição de uma usina de adsorção por alternância de pressão

A compra de uma usina de PSA envolve um conjunto de definições técnicas, administrativas e econômicas (ou financeiras) que podem ser complexas se o processo estiver sendo realizado pela primeira vez. O processo de aquisição é um processo de aproximação: quanto mais e melhores forem as definições técnicas, administrativas e financeiras durante o processo, mais próximo o produto a ser adquirido (no caso, a usina de PSA) chegará do produto desejado e necessário.

Nesta parte do documento, serão apresentadas as principais considerações que devem ser levadas em conta por ocasião da compra de uma usina de PSA, incluindo aquelas necessárias para reduzir os custos da operação, e uma lista de perguntas frequentes que podem surgir para o comprador durante o processo.

Finalmente, será apresentada em anexo uma lista de verificação comparativa para aquisição de plantas PSA. Essa lista será útil para determinar, por meio de perguntas aos fornecedores, se o produto que possuem é adequado, se alguma parte da oferta deve ser alterada ou melhorada, ou se a usina PSA oferecida deve simplesmente ser descartada.

Considerações no momento da compra de uma usina de adsorção por alternância de pressão

Quando a aquisição de uma usina de PSA for realizada, cabe ressaltar algumas considerações para se obter um resultado sustentável, racional e seguro, tanto para os pacientes quanto para funcionários, visitantes, a rede de assistência à saúde e demais interessados. Essas considerações ajudarão a determinar qual fornecedor está mais bem posicionado para apoiar o estabelecimento de saúde no processo de aquisição, o que é essencial em qualquer compra, incluindo a de uma usina de PSA.

Para facilitar o planejamento das aquisições, essas considerações foram divididas em técnicas, administrativas e econômico-financeiras.

Considerações técnicas

Essas considerações serão relevantes nas diferentes etapas do processo, desde a comparação entre produtos até a avaliação dos requisitos de manutenção e a avaliação da obsolescência de cada usina ofertada. Algumas considerações são mencionadas a seguir para facilitar a avaliação específica por cada estabelecimento onde está sendo planejada a adoção de uma usina.

Quadro 4. Considerações técnicas no momento da compra de uma usina PSA por alternância de pressão

Consideração	Detalhes
Capacitação	Avaliar a qualidade do treinamento oferecido pelo fornecedor. Em geral, um bom programa pode ser avaliado pelo conteúdo e pela carga horária. Como os requisitos de manutenção não são complexos, pelo menos em nível hospitalar, é importante que também seja oferecido conteúdo sólido sobre os princípios de funcionamento do sistema e quaisquer particularidades das etapas de programação da usina.
Documentação técnica	Um conjunto completo de documentos técnicos facilita muito a manutenção da usina ao longo dos anos. As licitantes deverão, preferencialmente, fornecer ao serviço de engenharia do estabelecimento toda a documentação técnica da usina e seus componentes.
Equipamentos e ferramentas	As usinas de PSA podem exigir equipamentos, ferramentas e instrumentos que o estabelecimento não possui; portanto, deve-se incluir essa necessidade no planejamento de adoção.
Concentração do oxigênio	A concentração de oxigênio requer monitoramento contínuo como forma de garantir a qualidade da produção. O uso de redundância pode ser considerado nesse processo de medição, caso se queira aumentar a segurança neste requisito.
Fluxo de gás	Sempre que a vazão necessária for maior que a capacidade de produção da usina, a concentração de oxigênio diminui. Por isso, o dimensionamento da usina deve considerar possíveis perdas e aumentos repentinos na necessidade de produção.
Pressão do gás	Usinas de PSA normalmente não operam em altas pressões, mas possuem capacidade suficiente para manter 50 psi na rede de distribuição. Redes estreitas podem oferecer maior resistência ao fluxo de gás, portanto, o projeto da rede deve ser avaliado para verificar se a configuração da usina é adequada ou se será necessário outro compressor de oxigênio para elevar a pressão a valores compatíveis com a rede de distribuição.
Falta de energia	Apagões podem ocorrer e, inclusive, são frequentes em determinadas regiões. Por isso, é importante revisar todo o sistema elétrico e verificar sua adequação.
Manutenção	A capacidade técnica da equipe de engenharia deve ser avaliada, verificando se é necessário treinamento adicional pelo fabricante antes que o sistema seja colocado em operação.

PSA: adsorção por alternância de pressão; psi: libra-força por polegada quadrada.

Considerações administrativas

Essas considerações visam avaliar e reduzir os riscos administrativos envolvidos no processo de produção de oxigênio. Normalmente, o estabelecimento de saúde é um comprador de oxigênio. Em caso de adoção de uma usina, torna-se produtor do próprio suprimento. Com isso, vários processos administrativos mudam e devem ser gerenciados.

Quadro 5. Considerações administrativas no momento da compra de uma usina de adsorção por alternância de pressão

Consideração	Detalhes
Reserva	Uma reserva de oxigênio deve ser determinada e garantida pela matriz de suprimento do estabelecimento de saúde. Aspectos como planos de expansão futura devem ser levados em consideração no planejamento da adoção da usina.
Emergência	As emergências afetam toda a dinâmica do estabelecimento. Podem incluir acidentes graves nas imediações do estabelecimento com aumento inesperado da ocupação hospitalar, falta de eletricidade, incêndios etc. É necessário identificar todas as fontes de risco existentes e os mecanismos de ação para a realização de medidas técnicas que serão aprovadas pela administração.
Qualidade	A qualidade é um fator-chave; portanto, o processo produtivo completo deve ser construído com esse objetivo. A definição de lotes de produção, as medições de desempenho, as medições de concentração de oxigênio e a avaliação do histórico de manutenção podem ser realizadas antes da compra para melhorar e atender aos requisitos atuais de qualidade para esse gás.
Segurança	Além da segurança contra riscos às pessoas, devem ser considerados os riscos administrativos de falha no processo produtivo. Portanto, é válido que o estabelecimento avalie a possibilidade de contratar um seguro contra os riscos associados a essa atividade produtiva.

Considerações econômico-financeiras

No caso da avaliação do custo da operação, existem vários cenários que podem ser considerados, levando em conta que a situação ideal, além dos desfechos em saúde, é poder adotar a tecnologia PSA como maneira de obter ganhos econômicos e financeiros através de um planejamento adequado da aquisição.

Quadro 6. Considerações econômico-financeiras no momento da compra de uma usina de adsorção por alternância de pressão

Consideração	Detalhes
Preço do oxigênio no mercado	Embora o preço do oxigênio no mercado nem sempre seja um motivo para a adoção de uma usina PSA, é importante levar esse valor em consideração, pois ajuda a avaliar o desempenho financeiro da instalação. Caso o custo de produção seja inferior ao valor de mercado, isso é um bom indicador da viabilidade econômica da adoção.
Custos de produção	A determinação precisa dos custos de produção permite uma comparação mais justa com os valores de mercado e mensuração do desempenho financeiro da instalação. É importante ter em mente que existe um conjunto de custos que são fixos e outros que variam com a quantidade de produção. Entre esses custos, é possível citar o valor de compra da usina de PSA, a demanda (kW) e o consumo (kWh) de energia elétrica, os custos operacionais, os custos de manutenção preventiva, os custos de manutenção corretiva, os custos de calibração e ajustes, os custos com peças e os custos de avaliação do desempenho da usina, bem como o número de cilindros e acessórios e a logística de distribuição que possam ser necessários.
Desempenho econômico-financeiro	Na determinação dos custos de produção, a técnica de cálculo do ponto de equilíbrio da operação pode ser aplicada além do cálculo do custo de um ciclo de vida de uma usina de PSA, que deve ser considerado como 10 anos ou mais.
Contratos de manutenção	Vários tipos de contratos de manutenção são possíveis, dependendo de cada estabelecimento de saúde. Entretanto, geralmente se dividem nos seguintes: somente mão de obra; mão de obra e algumas peças a serem definidas; e contrato total, que inclui peças e componentes, mão de obra e calibração. Além disso, recomenda-se que a avaliação do desempenho da usina seja realizada por equipe própria ou por empresa independente da contratada para realizar atividades de manutenção preventiva e corretiva.

PSA: adsorção por alternância de pressão, kW: quilowatts; kWh: quilowatts-hora.

Contenção de custos na produção de oxigênio

A melhor forma de conter os custos da adoção de uma usina de PSA é conhecê-los detalhadamente. O quadro 7 lista os custos principais, que devem ser somados a outros custos que podem incidir em cada caso específico.

Quadro 7. Custos principais a considerar na adoção de uma usina de adsorção por alternância de pressão

Custos	Detalhes
Eletricidade	Eletricidade, em geral, implica dois valores: a demanda, medida em kW, e o consumo, medido em kWh. Quanto maior a potência da usina de PSA, maior o custo, que nesse caso é fixo, pois não depende do tempo de funcionamento da usina. Por outro lado, quanto mais tempo a usina funcionar, maior será o consumo em kWh. O estabelecimento de saúde deve avaliar seu contrato de fornecimento de energia elétrica ou consultar a concessionária local para determinar os valores a serem computados.
Manutenção do compressor	A manutenção do compressor é muito importante. Esse valor pode ser determinado consultando cada licitante e levando em conta a informação referida acima.
Manutenção geral	A manutenção geral inclui basicamente consumíveis (como elementos filtrantes e óleo lubrificante), eliminação de eventuais vazamentos, troca de células de oxigênio e tarefas de inspeção e registro de atividades.
Células de oxigênio	Cada fabricante pode usar tecnologias diferentes para medir a concentração de oxigênio. Os sensores de medição dessas tecnologias podem ser permanentes ou podem ser consumíveis. Caso seja consumível, deve ser substituído na frequência recomendada pelo fabricante, que geralmente dependerá do tempo de exposição ao oxigênio. Os preços dessas peças de reposição devem ser consultados antes da compra.
Troca do meio adsorvente	Embora os adsorventes não tenham um prazo de validade nominal, eles podem precisar ser trocados. Nesse caso, é recomendável saber antes da compra o valor de reposição do item. A troca do adsorvente geralmente inclui um valor para a mão de obra e outro para o material.

PSA: adsorção por alternância de pressão, kW: quilowatts; kWh: quilowatts-hora.

Perguntas e respostas frequentes sobre a compra de uma usina de adsorção por alternância de pressão

A avaliação das tecnologias em saúde, além de seu resultado em saúde, muitas vezes envolve uma análise detalhada dos custos envolvidos no processo de adoção.

Segue abaixo um conjunto de perguntas e respostas para ajudar os estabelecimentos a compreenderem melhor as usinas geradoras de oxigênio tipo PSA, principalmente se estiverem em fase de planejamento de adoção desse recurso tecnológico em saúde.

1. Qual consideração fundamental um estabelecimento de saúde precisa ter em relação ao oxigênio medicinal?

O estabelecimento deve fazer uma autoavaliação para identificar a estrutura da matriz de suprimento existente. Essa matriz é composta por três níveis: primário, secundário e reserva emergencial. Em caso de falha de uma das fontes de suprimento, a seguinte assume; se esta falhar, a reserva de emergência é acionada. Por essa razão, o estabelecimento deve considerar a elaboração de um plano de emergência para a falta de oxigênio. Um alarme sonoro e visual deve sempre ser acionado em caso de troca do suprimento primário para o secundário.

2. Quando um estabelecimento de saúde deve considerar a implantação de uma usina de PSA?

Vários motivos levam um estabelecimento a instalar uma usina de PSA, como falta de acesso ao oxigênio líquido devido a distância dos grandes centros e dificuldades logísticas; ausência de fornecedores no país ou região onde o estabelecimento está situado; aumento exponencial da demanda de oxigênio, especialmente durante a pandemia de COVID-19; e alto preço do oxigênio líquido ou gasoso fornecido em cilindros.

3. Caso o estabelecimento reúna as condições para implantar uma usina de PSA, quais principais etapas devem ser planejadas?

Nesse caso, o estabelecimento deve elaborar um plano tecnológico que, de forma simplificada, englobe as seguintes etapas:

- dimensionamento da demanda;
- solicitação de informações ao mercado fornecedor;
- comparação entre as ofertas apresentadas;

- comparação entre as propostas comerciais oferecidas pelo mercado;
- preparação do local;
- execução da obra;
- recebimento da usina;
- instalação e treinamento do pessoal técnico;
- comissionamento do sistema;
- qualificação;
- utilização;
- manutenção e controle de qualidade.

4. Como dimensionar o tamanho de uma usina de PSA?

Alguns países estabelecem o fluxo mínimo de oxigênio exigido por cada área e posto de utilização, o que permite aos engenheiros calcular o consumo máximo provável da unidade de saúde como um todo. Outro método que pode ser utilizado é através do consumo médio efetivo, que nada mais é do que a média aritmética do consumo de oxigênio nos últimos 12 meses. A direção do estabelecimento deve levar em consideração a possibilidade de aumentar o número de postos de consumo no futuro.

5. Quais perguntas o estabelecimento de saúde deve fazer ao fabricante de uma usina de PSA antes da compra? Como comparar as propostas disponíveis no mercado?

Várias perguntas devem ser preparadas, organizadas e apresentadas aos fornecedores para que respondam antes da compra. São perguntas de natureza econômica, administrativa e técnica. Essas perguntas se encontram no anexo “Lista de verificação comparativa para a aquisição de usinas de PSA”, desenvolvida pelo Grupo Técnico de Oxigênio da Organização Pan-Americana da Saúde. A Lista de verificação oferece informações para facilitar a comparação entre as características tanto técnicas e administrativas quanto financeiras propostas pelos fornecedores. Como muitas respostas são de natureza quantitativa, a comparação entre elas se torna objetiva e de fácil interpretação.

6. Como o estabelecimento de saúde deve preparar um pedido de orçamento para a aquisição de uma usina de PSA?

Após analisar e comparar as ofertas de mercado, o estabelecimento deve identificar quais ajustes são necessários ao conjunto de informações solicitadas e onde. Feita a oferta e uma vez que o conjunto de informações obtido permita identificar fornecedores em potencial, um pedido de compra pode ser elaborado com base nos ajustes desejados, os quais podem ser mais bem definidos durante o processo de negociação.

7. Uma vez escolhido o potencial fornecedor da usina de PSA, quais aspectos devem ser colocados na mesa de negociação?

Todos os pontos que não ficaram claros no documento de solicitação de informações ao mercado devem ser levados à mesa de negociação. Normalmente, são estudadas e negociadas com cada um dos fornecedores em potencial uma série de questões relacionadas a preço dos equipamentos e das peças de reposição e sobressalentes, contratos de manutenção e calibração, treinamento técnico e operacional, acesso a documentos e informações técnicas, garantia e garantia estendida etc.

8. Uma vez definido o fornecedor, quais cuidados devem ser tomados com a preparação do local onde será instalada a usina de PSA?

A instalação de uma usina de PSA não é complexa e, dependendo da capacidade de produção, pode exigir uma área maior ou menor. Usinas compactas também são possíveis; no entanto, o principal ponto a ser considerado é que a instalação será produtora de oxigênio e, por esse motivo, deve ser fornecida infraestrutura tanto técnica quanto administrativa para tal. As áreas mais comuns a serem disponibilizadas são:

- área de instalação da usina;
- área para enchimento de cilindros;
- área administrativa;
- área para recebimento e entrega de cilindros (se houver função de enchimento).

9. Quais cuidados devem ser tomados em relação ao recebimento do equipamento e seus componentes?

Uma usina de PSA é composta pelas seguintes partes principais: compressor de ar, secador de ar, tanques pulmão para armazenamento de ar e oxigênio, a usina propriamente dita, componentes e elementos filtrantes, painel elétrico de alimentação e painel de controle (controlador lógico programável). Portanto, o estabelecimento deve disponibilizar uma área para o armazenamento desses equipamentos assim que forem entregues. A verificação das notas fiscais é igualmente importante; o fornecedor pode ser informado sobre o conteúdo das informações relevantes quando for emitido o pedido de compra.

10. O que acontece durante a montagem e instalação do equipamento? Como isso afeta o funcionamento do estabelecimento de saúde?

A instalação de uma usina de PSA baseia-se na instalação de componentes e montagem eletromecânica. Essas montagens e instalações não costumam fazer barulho nem gerar material particulado e geralmente são realizadas sem grandes problemas. O que é muito importante é que o estabelecimento dê garantias ao licitante/fornecedor de que possui a capacidade de fornecimento de energia elétrica necessária para alimentar a usina, que precisa funcionar ininterruptamente, 24 horas

por dia. Nesse sentido, o estabelecimento deve considerar a instalação de um gerador de energia elétrica de emergência caso não exista; caso exista, deve verificar se o gerador é capaz de suprir a carga elétrica adicional que será imposta pela nova usina.

11. Que tipo de capacitação o pessoal da unidade de saúde deve receber antes que a usina de PSA seja colocada em uso?

Basicamente, há dois tipos de capacitação. A primeira é a clínica, que visa informar os profissionais de saúde sobre as diferenças entre o oxigênio produzido pelo processo de PSA e o oxigênio a 99,5%. O estabelecimento também deve garantir que todos os profissionais estejam cientes dessas diferenças. A segunda deve considerar o treinamento da equipe técnica própria sobre os cuidados que devem ser tomados em termos de manutenção (corretiva e preventiva) para garantir uma vida útil de pelo menos 10 anos.

12. Quais tipos de ensaios devem ser feitos em uma usina de PSA antes de colocá-la em pleno uso?

Antes que a usina de PSA seja utilizada, o equipamento deve passar por um processo de qualificação de instalação, a fim de garantir que foi instalado de acordo com todos os requisitos do fabricante. Após a primeira inicialização do sistema, deve-se realizar a qualificação operacional da instalação para garantir que o equipamento funcione exatamente como foi projetado, o que geralmente é feito por meio de uma lista de verificação, que pode ser fornecida pelo próprio fabricante. Após essa etapa, a usina deve ser testada nas piores condições de operação, ou seja, em carga máxima. Nessas condições, a pureza do gás produzido, bem como sua pressão e vazão, devem estar de acordo com as especificações apresentadas pelo fabricante no documento de solicitação de informações para compra.

13. Quais considerações o estabelecimento deve fazer quanto à manutenção da usina de PSA durante sua vida útil?

Os principais requisitos operacionais de uma usina de PSA são ar atmosférico, energia elétrica e manutenção dos equipamentos tanto preventiva quanto corretiva. Apesar de ser um equipamento com baixa necessidade de manutenção preventiva, uma capacitação técnica avançada pode e deve ser negociada com o fornecedor durante as etapas de aquisição. O estabelecimento deve garantir que sua equipe técnica tenha acesso aos mesmos conhecimentos e às mesmas ferramentas que um técnico do próprio fabricante possui. O conhecimento técnico obtido pelo estabelecimento deve garantir o funcionamento ininterrupto de todo o sistema ao longo de toda sua vida útil, estimada em no mínimo 10 anos. Igualmente importante é a avaliação do desempenho econômico da usina, que pode ser calculada determinando o custo unitário de produção em dólares dos Estados Unidos/m^3.

14. Como o estabelecimento deve se preparar para realizar o controle de qualidade da produção de oxigênio, visando a segurança das pessoas em geral e do paciente em particular?

A pureza do oxigênio medicinal produzido pode ser facilmente medida com um oxímetro ambiente portátil. Além disso, a usina deve garantir a vazão na pressão máxima informada pelo fabricante. É importante manter o oxímetro calibrado para garantir medições precisas.

15. O oxigênio produzido pode ser armazenado em cilindros para reserva e distribuição? Se sim, quais cuidados o estabelecimento deve ter nesse sentido?

Uma vez que o gás estiver disponível, ele pode ser adequadamente comprimido e armazenado em cilindros. Deve-se levar em consideração que as pressões envolvidas são elevadas e, por esse motivo, podem ocorrer acidentes graves. No entanto, o enchimento dos cilindros, quando efetuado de forma controlada e de acordo com as orientações do fabricante, geralmente é realizado sem maiores problemas. Devem-se verificar os requisitos de segurança em vigor no país do estabelecimento e garantir que sejam cumpridos.

16. Em quais condições o estabelecimento deve avaliar a possibilidade de substituir, ampliar ou interromper o uso de uma usina de PSA?

Os principais motivos de abandono de uma usina de PSA são os custos de manutenção, dificuldade de acesso a peças de reposição e o custo total de produção (fixo e variável). O estabelecimento deve avaliar sistematicamente os custos de produção e compará-los com os custos do oxigênio líquido e gasoso na região onde está localizado. Também é possível que o estabelecimento precise ampliar sua capacidade de produção cada vez que passar por alguma expansão. Por isso, esses aspectos devem ser considerados desde o início, durante o planejamento tecnológico. O hospital deve considerar a possibilidade de atualização da usina existente se os custos e garantias forem aceitáveis.

Formulário de solicitação de informações sobre o produto ao fornecedor

Contar com um formulário para obter informações sobre o produto oferecido por diferentes fornecedores pode ser conveniente, não só para comparar do ponto de vista técnico as vantagens de uma oferta sobre outra, mas também para auxiliar os profissionais envolvidos no processo decisório administrativo.

Para isso, em anexo à parte final destas recomendações, encontra-se um formulário de solicitação de informações sobre o produto para a verificação comparativa das características das diferentes usinas de PSA e dos serviços de instalação e pós-venda prestados pelas empresas fabricantes. O formulário apresenta um conjunto resumido de informações que facilitam a análise e ajudam a revelar os custos ocultos envolvidos na operação de uma usina desse tipo, tanto em termos de valor de compra quanto em relação ao custo total ao longo de todo o seu ciclo de vida.

O quadro 8 apresenta um conjunto de orientações para o preenchimento do formulário de solicitação de informações ao fornecedor apresentado no anexo final.

Quadro 8. Orientações para preenchimento do formulário de solicitação de informações sobre o produto ao fornecedor

Parâmetro	Detalhes
Item	Como uma usina de PSA é composta por diferentes partes, é razoável separar cada elemento para uma avaliação mais detalhada.
Número	É uma sequência numérica para facilitar a comunicação entre o estabelecimento de saúde e o licitante/proponente. É importante que o licitante/proponente não altere a estrutura da planilha, pois isso dificultará a comparação de diferentes propostas. Caso haja informações adicionais, é preferível escrever no campo de comentários ou abaixo da última linha, mencionando o número a que se refere.
Parte interessada	Como há um número significativo de perguntas e diferentes partes interessadas, o estabelecimento de saúde pode usar esta coluna para identificar as pessoas ou os setores que analisarão a resposta oferecida pelos licitantes/proponentes.
Respostas	Nestas colunas, o licitante/proponente pode fazer suas ofertas, respondendo de acordo com as questões.
Opções 1 e 2	O mesmo fabricante pode ter duas ou mais opções de usina. Por exemplo, uma com secador por refrigeração e outra com secador por adsorção. Esse campo permite ao estabelecimento conhecer o tipo de tecnologia de cada modelo e escolher a opção que melhor se adapta às suas necessidades.

PSA: adsorção por alternância de pressão.

Bibliografia

Emergency Care Research Institute. Healthcare Products Comparison System. Oxygen concentrators. S. l.: ECRI; 2007.

Organização Internacional de Normalização. Dispositivos médicos/productos sanitarios (MD). Aplicación de la gestión de riesgos a los MD (ISO 14971:2019). Genebra: ISO; 2019.

Panerai RB, Mohr JP. Evaluación de tecnologías en salud. Metodologías para países en desarrollo. Washington, D.C.: OPAS; 1990. Disponível em: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2009/HealthTechnologyAssessmentSpa.pdf.

Organização Mundial da Saúde. Technical specifications for pressure swing adsorption (PSA) oxygen plants: interim guidance. Genebra: OMS; 2020. https://apps.who.int/iris/handle/10665/332313.

Organização Mundial da Saúde. Oxygen sources and distribution for COVID-19 treatment centres. Genebra: OMS; 2020. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/oxygen-sources-and-distribution-for-covid-19-treatment-centres.

Glossário

Bar	Unidade de medida de pressão do sistema métrico. Um bar equivale a 0,99 atmosferas padrão.
°C	Unidade de medida de temperatura do sistema métrico.
CO	Monóxido de carbono.
CO_2	Dióxido de carbono.
FSC	Do inglês, *certificado de venda livre.* É uma certificação de que determinados bens, como alimentos, cosméticos, produtos biológicos ou dispositivos médicos, são vendidos ou distribuídos legalmente no mercado livre, sem restrições, e estão aprovados pelas autoridades reguladoras do país de origem.
HP	Do inglês *horse power.* Unidade de medida de potência utilizada no sistema inglês de unidades. Equivalente a 745,69 watts ou 1,0139 cv (cavalos-vapor).
Hz	Hertz. Unidade de medida de frequência derivada do Sistema Internacional que expressa o número de eventos cíclicos que ocorrem em um segundo. Usada para descrever eventos cíclicos. Neste documento, refere-se à frequência da energia elétrica requerida por equipamentos eletromecânicos.
kgf/cm²	Quilograma-força por centímetro quadrado. Unidade de medida de pressão que utiliza unidades do sistema métrico. 1 kgf/cm² é igual a 0,97 atmosferas padrão.
kPa	Quilopascal. Unidade de medida de pressão do Sistema Internacional; 1 kPa equivale a 0,01 atmosfera.
kW	Quilowatt. Unidade de medida de potência do Sistema Internacional; 1 kW equivale a 1,34 HP.
kWh	Quilowatt-hora. Unidade de medida normalmente usada para medir o consumo de energia elétrica.
L	Litro.
L/min	Litros por minuto. Expressa o volume de oxigênio, em litros, fornecido por um equipamento ou dispositivo a cada minuto.

N_2	Nitrogênio.
m	Unidade de medida de distância (ou comprimento) utilizada no sistema métrico.
m^3	Metro cúbico. Unidade de volume no sistema métrico.
m^3/h	Metros cúbicos por hora. Expressa o volume de oxigênio, em metros cúbicos, fornecido por um equipamento ou dispositivo a cada hora.
mmHg	Milímetros de coluna de mercúrio. Unidade de medida de pressão.
m^3 aire/m^3 O_2	Metros cúbicos de ar por metro cúbico de oxigênio. Expressa quantos metros cúbicos de ar são necessários para produzir 1 metro cúbico de oxigênio.
O_2	Oxigênio.
Pressão	Relação matemática entre o valor de uma determinada força e o valor da área de apoio. O termo pressão é usado neste documento como uma grandeza escalar que mede a ação de uma ou mais forças em uma determinada área. Para os fins deste documento, foram adotadas as seguintes relações: 1 atm (atmosfera padrão) = 101 325 Newton/m^2 = 1,01 bar = 1,03 kgf/cm^2 = 14,7 psi.
psi	Libra-força por polegada quadrada. Unidade de medida de pressão do sistema; 1 psi equivale a 0,07 atmosfera padrão.
V	Volt. Unidade do Sistema Internacional para tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico.

Anexo. Lista de verificação comparativa para a aquisição de usinas de adsorção por alternância de pressão

Solicitação de informações para: usina geradora de oxigênio mediante adsorção por alternância de pressão					
Observações gerais. O sistema necessário deve operar em ____ (volts), na frequência de ____ (Hz) e na seguinte altitude acima do nível do mar: _____ (m). Condições gerais de fornecimento (exemplo). Na opção 1, incluir informações sobre uma usina com secagem de ar por refrigeração e, na opção 2, sobre uma usina com secagem de ar por adsorção de vapor d'água.					
Observações:					
				RESPOSTAS	RESPOSTAS
ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
INFORMAÇÕES GERAIS	1.0		Nome do equipamento	PSA	PSA
	1.1		Modelo do equipamento (nome comercial)		
	1.2		Capacidade de produção (m^3/h)		
	1.3		Potência total (kW)		
	1.4		Espaço mínimo necessário para instalação (m^2)		
	1.5		Produtividade da usina: quantos m^3 de ar são necessários para produzir 1 m^3 de oxigênio (m^3 ar/m^3 O_2)		
	1.6		Marcas		
	1.7		Nome do fabricante		
	1.8		Nome do representante de vendas		
	1.9		Nome do responsável pela assistência técnica e atendimento ao cliente. Informe o endereço		
	1.10		Escreva aqui os nomes de três organizações que já fazem uso da tecnologia proposta, com informações de contato		
SEGURANÇA DO PACIENTE	2.0		O equipamento deve ter uma vida útil mínima de 10 anos. A vida útil deve ser garantida por meio de uma carta do próprio fabricante. Isso significa que o suporte técnico para o equipamento e suas respectivas partes e peças não pode ser desvinculado nesse período (sim/não)		
	2.1		O equipamento possui certificado de venda livre ou certificado de livre comercialização (em inglês, FSC: free sales certificate) (sim/não)		
	2.2		O equipamento possui aprovação da FDA (Estados Unidos) e certificado de comercialização da CE (sim/não)		
	2.3		As características construtivas do equipamento, incluindo dos vasos de pressão, estão de acordo com as normas ISO, ASME e ASTM aplicáveis (sim/não)		
	2.4		O equipamento conta com meios para verificar sua capacidade de produção em m^3/h ou unidade de medida equivalente (sim/não)		
	2.5		O equipamento oferecido atende às seguintes classificações de risco: classe C (Regra 11 do GHTF); FDA classe II (Estados Unidos); classe IIA (UE e Austrália) e classe II (Canadá) (sim/não)		
	2.6		Ano da primeira venda do equipamento		
	2.7		Número de equipamentos instalados no país onde a usina será instalada (número)		

ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
USO MÉDICO	3.0		O equipamento será utilizado para produção de oxigênio para uso medicinal, com concentração mínima equivalente a 93% ± 3 (sim/não)		
COMPRESSOR DE AR	4.0		O compressor possui CLP próprio para controle da produção e segurança do equipamento (sim/não)		
	4.1		Capacidade máxima de produção do compressor (m^3/h)		
	4.2		Pressão máxima de trabalho do compressor (bar)		
	4.3		Pressão de trabalho do compressor (bar)		
	4.4		O compressor oferecido tem pressão de trabalho superior a 750 kPa (7,5 bar ou 109 psi) (sim/não)		
	4.5		Se a partida elétrica do compressor não for do tipo *soft start* (controle de velocidade variável), mas essa função for oferecida opcionalmente, favor informar o custo adicional que isso acarretará para o equipamento como um todo caso esse opcional seja adotado pelo hospital comprador. Se esse opcional já estiver incluído na proposta, escreva "zero" (USD)		
	4.6		O compressor exibe em tela o número de horas trabalhadas pela unidade (sim/não)		
	4.7		O compressor possui alarme sonoro e visual para alta temperatura de operação (sim/não)		
	4.8		O compressor possui alarme sonoro e visual para pressão de trabalho alta e baixa (sim/não)		
	4.9		O equipamento possui alarme sonoro e visual para falhas de energia ou falhas do sistema (sim/não)		
	4.10		Caso o compressor tenha capacidade de oferecer monitoramento remoto de falhas, informar o custo adicional que isso acarretará para o equipamento como um todo caso esse opcional seja adotado pelo hospital comprador (USD)		
	4.11		Caso o compressor tenha capacidade interna para purgar a água condensada no processo de compressão, deve possuir purgador automático (sim/não)		
	4.12		Se o compressor não dispuser de purgador automático, mas essa função for oferecida como opcional, favor informar o custo adicional que isso acarretará para o equipamento como um todo caso esse opcional adotado pelo hospital comprador (USD)		
	4.13		Potência elétrica do compressor (kW)		
	4.14		O compressor deve possuir um pré-filtro (sim/não)		
	4.15		Peso do compressor de ar (kg)		
	4.16		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
	4.17		Nível de pressão sonora em operação normal (dBA)		
TANQUE PULMÃO DE AR COMPRIMIDO (PÓS-COMPRESSÃO)	5.0		Material de construção do tanque pulmão de ar pós-compressão, de acordo com a classificação ASME ou AISI (sim/não)		
	5.1		Pressão de armazenamento do ar pós-compressão (bar)		
	5.2		Pressão máxima de trabalho do tanque pulmão de ar pós-compressão (bar)		
	5.3		O reservatório de ar possui manômetro para medir sua pressão interna (sim/não)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
TANQUE PULMÃO DE AR COMPRIMIDO (PÓS-COMPRESSÃO)	5.4		O tanque pulmão de ar possui válvula de segurança para alívio em caso de sobrepressão (sim/não)		
	5.5		O tanque possui registro para drenagem da água condensada durante o processo de compressão (sim/não)		
	5.6		Se o reservatório não dispuser de purgador automático, mas essa função for oferecida opcionalmente, favor informar o custo adicional que isso acarretará para o preço total do tanque. Se esse opcional já estiver incluído na proposta, escreva “zero” (USD)		
	5.7		Peso do tanque pulmão de ar (kg)		
	5.8		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
SEPARADOR DE CONDENSADO	6.0		Se o tanque não dispuser de purgador automático antes do pré-filtro do secador de ar, deve ser oferecido um sistema de separador de condensado compacto (sim/não)		
	6.1		Fluxo de trabalho do separador de condensado quando opera a uma pressão de 7 bar (m^3/h)		
	6.2		Peso do separador de condensado (kg)		
	6.3		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
PRÉ-FILTRO 1 DO SECADOR DE AR	7.0		O filtro oferecido possui manômetro para indicar a queda de pressão e determinar o momento exato da troca do elemento filtrante (sim/não)		
	7.1		O filtro utilizado é capaz de reter partículas de até 1 µm, incluindo óleo e água (sim/não)		
	7.2		O filtro utilizado é capaz de fornecer ar a 21 °C com um teor de óleo residual de 0,5 mg/m^3 (sim/não)		
	7.3		Fluxo permitido pelo filtro oferecido a 20 °C e a uma pressão de 7 bar (m^3/h)		
	7.4		Pressão de trabalho do filtro oferecido (bar)		
	7.5		Pressão máxima de trabalho do filtro oferecido (bar)		
	7.6		Peso do filtro oferecido (kg)		
	7.7		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
PRÉ-FILTRO 2 DO SECADOR DE AR	8.0		O filtro oferecido possui manômetro para indicar a queda de pressão e determinar o momento exato da troca do elemento filtrante (sim/não)		
	8.1		O filtro utilizado é capaz de reter partículas de até 0,01 µm, incluindo aerossóis, óleo e água (sim/não)		
	8.2		O filtro utilizado é capaz de fornecer ar a 21 °C com um teor de óleo residual de 0,01 mg/m^3 (sim/não)		
	8.3		Fluxo permitido pelo filtro oferecido a 20 °C e a uma pressão de 7 bar (m^3/h)		
	8.4		Pressão de trabalho do filtro oferecido (bar)		
	8.5		Pressão de trabalho máxima do filtro oferecido (bar)		
	8.6		Peso do filtro oferecido (kg)		
	8.7		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
SECADOR DE AR POR REFRIGERAÇÃO	9.0		Informar se a usina geradora será ofertada com sistema de secagem por refrigeração. Em caso afirmativo, responda a esta e às seguintes perguntas (sim/não)		
	9.1		Pressão de trabalho do secador de ar por refrigeração (bar)		
	9.2		Pressão máxima de trabalho do secador de ar por refrigeração (bar)		
	9.3		Pressão mínima de trabalho do secador de ar por refrigeração (bar)		
	9.4		Fluxo de trabalho do secador de ar a uma pressão de 7 bar, temperatura do ar de 38 °C e umidade relativa de 100% (m^3/h)		
	9.5		O secador de ar de refrigeração oferecido é capaz de trabalhar com refrigerante R134a (sim/não)		
	9.6		O secador de ar de refrigeração oferecido é capaz de trabalhar com refrigerante R22 (sim/não)		
	9.7		O secador de ar de refrigeração oferecido é capaz de trabalhar com refrigerante R407C (sim/não)		
	9.8		Temperatura máxima de trabalho do secador de ar (°C)		
	9.9		Potência elétrica do secador de ar por refrigeração (W)		
	9.10		Tensão de alimentação elétrica do secador de ar por refrigeração (V)		
	9.11		Frequência de energia elétrica do secador de ar por refrigeração (Hz)		
	9.12		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
	9.13		O CLP do secador de ar por refrigeração informa se o equipamento está energizado (sim/não)		
	9.14		O CLP do secador de ar por refrigeração informa se o compressor refrigerado está ligado (sim/não)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
SECADOR DE AR POR REFRIGERAÇÃO	9.15		O CLP do secador de ar por refrigeração informa se o motor do ventilador está ligado (sim/não)		
	9.16		O CLP do secador de ar por refrigeração informa quando o expurgo automático de água condensada é ativado (sim/não)		
	9.17		O CLP do secador de ar por refrigeração aciona o sistema de alarme em caso de alta pressão e temperatura (sim/não)		
	9.18		O CLP do secador de ar por refrigeração informa a temperatura ambiente (sim/não)		
	9.19		O CLP do secador de ar por refrigeração deve informar a temperatura do ar comprimido na entrada do secador (sim/não)		
	9.20		O CLP do secador de ar por refrigeração informa a temperatura do ar comprimido na saída do secador (sim/não)		
	9.21		O CLP do secador de ar por refrigeração deve informar a temperatura de resfriamento do ar comprimido na saída do secador (sim/não)		
	9.22		O CLP do secador de ar por refrigeração deve informar a temperatura de evaporação do fluido refrigerante (sim/não)		
	9.23		Peso do equipamento oferecido (kg)		
SECADOR DE AR POR ADSORÇÃO	10.0		Informar se a usina geradora será ofertada com sistema de secagem por adsorção. Em caso afirmativo, responda a esta e às seguintes perguntas (sim/não)		
	10.1		Pressão de trabalho do secador de ar por adsorção (bar)		
	10.2		Pressão máxima de trabalho do secador de ar por adsorção (bar)		
	10.3		Pressão mínima de trabalho do secador de ar por adsorção (bar)		
	10.4		Fluxo de trabalho do secador de ar a uma pressão de 7 bar, temperatura do ar de 38 °C e umidade relativa de 100% (m^3/h)		
	10.5		Temperatura máxima de trabalho do secador de ar (°C)		
	10.6		Temperatura mínima de trabalho do secador de ar (°C)		
	10.7		Potência elétrica do secador de ar por adsorção (kW)		
	10.8		Tensão de alimentação elétrica do secador de ar por adsorção (V)		
	10.9		Frequência de energia elétrica do secador de ar por adsorção (Hz)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
SECADOR DE AR POR ADSORÇÃO	10.10		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
	10.11		O CLP do secador de ar por adsorção deve informar se o equipamento está energizado (sim/não)		
	10.12		O CLP do secador de ar por adsorção deve acionar o sistema de alarme em caso de alta pressão e temperatura (sim/não)		
	10.13		O CLP do secador de ar por adsorção deve informar a temperatura ambiente (sim/não)		
	10.14		O CLP do secador de ar por adsorção deve informar a temperatura do ar comprimido na entrada do secador (sim/não)		
	10.15		O CLP do secador de ar por adsorção deve informar a temperatura do ar comprimido na saída do secador (sim/não)		
	10.16		Peso do equipamento oferecido (kg)		
CATALISADOR DE CO_2 E CO	11.1		O equipamento deve possuir um elemento catalisador capaz de reter tanto monóxido de carbono (CO) quanto dióxido de carbono (CO_2) (sim/não)		
	11.2		Informar o fluxo permitido pelo filtro oferecido a 20 °C e a uma pressão de 7 bar (m^3/h)		
	11.3		Pressão de trabalho do catalisador oferecido (bar)		
	11.4		Pressão máxima de trabalho do catalisador oferecido (bar)		
	11.5		Peso do catalisador oferecido (kg)		
	11.6		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
FILTRO DE CARVÃO ATIVADO	12.0		O equipamento deve incluir um filtro de carvão ativado (sim/não)		
	12.1		O filtro utilizado deve ser capaz de fornecer ar a 21 °C com um teor de óleo residual inferior a 0,003 mg/m^3 (sim/não)		
	12.2		Fluxo permitido pelo filtro oferecido a 20 °C e a uma pressão de 7 bar (m^3/h)		
	12.3		Pressão de trabalho do filtro oferecido (bar)		
	12.4		Pressão máxima de trabalho do filtro oferecido (bar)		
	12.5		Peso do filtro oferecido (kg)		
	12.6		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL / UNIDADE GERADORA DE OXIGÊNIO	13.0		As informações apresentadas nas telas do equipamento devem estar em inglês ou no idioma do país onde o hospital está instalado (sim/não)		
	13.1		O equipamento deve exibir continuamente a condição operacional da unidade, inclusive quaisquer necessidades de manutenção preventiva ou corretiva (sim/não)		
	13.2		O equipamento deve exibir em tela o número de horas trabalhadas pela unidade (sim/não)		
	13.3		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual para alta temperatura de operação (sim/não)		
	13.4		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual para pressões de trabalho alta e baixa (sim/não)		
	13.5		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual para pressão de saída inferior a 300 kPa (3 bar ou 44 psi) (sim/não)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL / UNIDADE GERADORA DE OXIGÊNIO	13.6		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual para falhas de energia ou falhas do sistema (sim/não)		
	13.7		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual acionado sempre que o ponto de orvalho estiver acima de 3°C (sim/não)		
	13.8		O CLP deve ser capaz de exibir continuamente os valores de concentração de oxigênio e a pressão na qual o gás é produzido (sim/não)		
	13.9		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual acionado sempre que o oxigênio produzido atingir uma concentração inferior a 90% (sim/não)		
	13.10		Se o equipamento não dispuser de purgador de oxigênio de baixa concentração, favor informar o custo adicional que esse opcional acarretará para o equipamento como um todo caso este opcional seja adotado pelo hospital comprador (em USD)		
	13.11		O equipamento deve possuir alarme sonoro e visual acionado sempre que o suprimento secundário (outra usina de PSA, tanque criogênico ou reserva de cilindros) for ativado (sim/não)		
	13.12		Caso o equipamento tenha capacidade de oferecer monitoramento remoto de falhas, informar o custo adicional que isso acarretará para o equipamento como um todo caso este opcional seja adotado pelo hospital comprador (em USD)		
	13.13		O equipamento deve ser capaz de fornecer, em todas as circunstâncias, oxigênio a uma pressão de saída contínua variando de 300-600 kPa (3-6 bar ou 44-87 psi) (sim/não)		
	13.14		Informar a pressão de suprimento do oxigênio para a rede hospitalar (bar)		
	13.15		A unidade geradora de oxigênio deve possuir um sistema de filtração microbiológica antes do envio do gás para distribuição na rede hospitalar (sim/não)		
	13.16		Os equipamentos oferecidos permitem acesso ao menu de manutenção e exigem senha para acesso por profissionais da área técnica (sim/não)		
UNIDADE CONCENTRADORA DE OXIGÊNIO / PSA	14.0		Informar o material do qual são feitas as colunas da unidade concentradora de oxigênio		
	14.1		Informar o volume interno total das duas colunas do gerador de oxigênio (m^3)		
	14.2		Informar a quantidade de material adsorvente contido nas colunas do concentrador de oxigênio (kg)		
	14.3		Informar se a usina é do tipo compacta ou montada em uma área mínima estabelecida (compacta/montada)		
	14.4		Informar a área total necessária para a instalação da usina concentradora de oxigênio oferecida (m^2)		
	14.5		As colunas da usina oferecida possuem válvulas de segurança contra sobrepressão (sim/não)		
	14.6		As colunas possuem manômetro para medir a pressão do gás em seu interior (sim/não)		
	14.7		Informar o peso do filtro oferecido (kg)		
	14.8		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
	14.9		Informar o padrão de conexão entre a saída de oxigênio da unidade concentradora e a conexão com a rede de distribuição do hospital		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
TANQUE PULMÃO DE OXIGÊNIO PÓS-PRODUÇÃO	15.0		Informar o material de construção do tanque pulmão de oxigênio pós-compressão, de acordo com a classificação ASME ou AISI (código)		
	15.1		Informar a pressão de armazenamento de oxigênio pós-compressor (bar)		
	15.2		Informar a pressão máxima de trabalho do tanque pulmão de oxigênio pós-compressor (bar)		
	15.3		O tanque pulmão de oxigênio possui manômetro para medir a pressão interna (sim/não)		
	15.4		O tanque pulmão de oxigênio possui válvula de segurança para alívio em caso de sobrepressão (sim/não)		
	15.5		O tanque possui registro para drenagem de qualquer água eventualmente condensada durante o processo de concentração de oxigênio (sim/não)		
	15.6		Se o tanque pulmão não dispuser de purgador automático, mas essa função for oferecida como opcional, favor informar o custo adicional que isso acarretará para o preço total do tanque (em USD)		
	15.7		Peso do reservatório de oxigênio (kg)		
	15.8		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
COMPRESSOR DE OXIGÊNIO	16.0		O compressor oferecido deve operar com, no mínimo, dois estágios de compressão. Informar o número de estágios de compressão (estágios)		
	16.1		Pressão máxima do compressor de oxigênio (bar)		
	16.2		Capacidade de produção na pressão máxima de trabalho do compressor (m^3/h)		
	16.3		Potência elétrica necessária na pressão máxima de trabalho (kW)		
	16.4		Frequência elétrica de trabalho do compressor (Hz)		
	16.5		O compressor oferecido é isento de óleo (sim/não)		
	16.6		Peso do compressor de oxigênio (kg)		
	16.7		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		
	16.8		Faixa de temperatura permitida de oxigênio na entrada do compressor (°C)		
	16.9		Faixa de temperatura ambiente em que o compressor de oxigênio deve funcionar (°C)		
	16.10		O compressor oferecido é construído de modo a funcionar em um local protegido contra intempéries (sim/não)		
BOMBA DE VÁCUO	17.0		Fluxo máximo da bomba de vácuo a uma pressão de 760 mmHg (m^3/h)		
	17.1		Pressão máxima da bomba de vácuo (mmHg)		
	17.2		Potência elétrica necessária com a bomba trabalhando em pressão máxima (kW)		
	17.3		Frequência elétrica de funcionamento da bomba de vácuo (Hz)		
	17.4		Tensão de funcionamento da bomba de vácuo (V)		
	17.5		Peso da bomba de vácuo (kg)		
	17.6		Dimensões do equipamento (largura × altura × profundidade) (m)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
CENTRAL PARA ENCHIMENTO DE CILINDROS	18.0		A oferta inclui uma central de enchimento de cilindros (sim/não)		
	18.1		Se a resposta for sim, a proposta contempla um coletor *manifold* composto por duas baterias de cilindros (sim/não)		
	18.2		Cada bateria de cilindros é composta por cinco cilindros com volume interno de 50 litros (sim/não)		
	18.3		A oferta inclui o sistema completo, composto por coletor e cilindros (sim/não)		
	18.4		Valor da central para enchimento de cilindros de oxigênio (em USD)		
MANUTENÇÃO CORRETIVA E PREVENTIVA	19.0		Os manuais (operação e manutenção) devem ser atualizados pelo fabricante ou seu representante sempre que forem necessárias alterações em seu conteúdo para garantir a segurança da operação (sim/não)		
	19.1		O fornecedor concorda em instalar todo o *software* disponível para manutenção e resolução de problemas ou falhas no equipamento em questão, sem custo adicional. O fabricante deve propor rotinas de manutenção e um sistema pré-estabelecido para aquisição de peças de reposição relacionadas à marca/modelo (sim/não)		
	19.2		O fabricante fornecerá suporte telefônico com pessoal técnico qualificado enquanto o equipamento estiver em uso no hospital. Esse suporte inclui acesso à equipe técnica apropriada para discutir problemas de configuração, códigos de erro e identificação de possíveis soluções a serem implementadas etc. Esse serviço será prestado sem custo adicional ao hospital (sim/não)		
	19.3		O telefone do representante e o número de identificação do fabricante devem estar disponíveis de forma visível para facilitar a comunicação sempre que necessário (sim/não)		
	19.4		Treinamento completo de manutenção será oferecido para todos os equipamentos que compõem a usina geradora de oxigênio e será prestado para pelo menos um membro da equipe de engenharia do hospital durante o período de garantia. Esse treinamento será ministrado sem custo adicional para o cliente e terá como objetivo geral preparar melhor a engenharia hospitalar para realizar o primeiro atendimento, antes do contato com o fabricante, e, assim, facilitar um maior acesso do fabricante aos problemas apresentados pelo equipamento (sim/não)		
	19.5		O fabricante/representante se compromete a corrigir qualquer falha da unidade que ocorra durante o período de aceitação. Caso não esteja habilitado a resolver o problema de forma adequada e rápida, o representante retirará o equipamento do local e reembolsará todas as despesas incorridas com o processo de importação ou compra (sim/não)		
	19.6		O fornecedor concorda em iniciar o período de garantia somente após a data de aceitação do equipamento (sim/não)		
	19.7		O fornecedor concorda em proporcionar suporte técnico e coordenação de serviços através do serviço de engenharia do hospital durante o período de garantia (sim/não)		
	19.8		O representante se compromete a realizar inspeções periódicas e atividades de manutenção no equipamento dentro do período de garantia, sem custo adicional para o cliente.		
	19.9		O representante concorda em fornecer documentação detalhando os procedimentos de limpeza, calibração, troca periódica de peças e verificação de funcionalidade. Esses serviços devem ser realizados por técnicos do hospital, devidamente treinados pelo fabricante, os quais poderão realizar procedimentos de manutenção durante esse período sob orientação do representante técnico, sem redução ou eliminação do período de garantia (sim/não)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
MANUTENÇÃO CORRETIVA E PREVENTIVA	19.10		Durante todos os procedimentos de manutenção realizados pelo fabricante ou seu representante, será fornecida uma cópia do relatório de serviço (sim/não)		
	19.11		Do relatório de serviço constarão a descrição do problema, a descrição da solução, a identificação dos números de peças e materiais utilizados, o custo das peças, o tempo de viagem, o tempo decorrido e a identificação do equipamento de acordo com o número de série do fabricante (sim/não)		
	19.12		O fornecedor se compromete em apresentar um resumo anual dos relatórios de serviço referentes ao equipamento um mês antes da data de vencimento do período de garantia do equipamento. Esse resumo será analisado em conjunto com a equipe técnica do hospital, permitindo que quaisquer tendências ou padrões predeterminados, falhas ou erros do usuário sejam identificados, abordados e resolvidos (sim/não)		
EQUALIZAÇÃO FINANCEIRA	20.0		Uma linha de comunicação direta e exclusiva com as equipes técnicas do fornecedor ou fabricante será disponibilizada durante o período de garantia ou em caso de contrato de manutenção, sem custo adicional (sim/não)		
	20.1		Uma linha de comunicação direta e exclusiva com as equipes técnicas do fornecedor será disponibilizada fora do período de garantia ou em caso de contrato de manutenção, sem custo adicional (sim/não)		
	20.2		O fornecedor providenciará treinamento de manutenção em um ponto de reciclagem. Informar o valor do treinamento adicional (USD)		
	20.3		Número de horas do treinamento mencionado no item anterior (horas)		
	20.4		Número de anos que a empresa prestadora de serviços de manutenção atua no mercado (anos)		
	20.5		Localização dos profissionais técnicos responsáveis pela manutenção da usina geradora de oxigênio (cidade e país)		
	20.6		Os serviços de manutenção são oferecidos diretamente pelo fabricante ou através de um distribuidor/representante?		
	20.7		Número de instruções de manutenção preventiva disponíveis para esse equipamento. Com qual frequência será realizada: mensalmente, semestralmente, anualmente (meses)		
	20.8		Valor total do equipamento oferecido (USD)		
	20.9		O equipamento oferecido deve vir acompanhado de um conjunto de peças, algumas das quais serão necessárias para manter o equipamento em funcionamento por 3 anos. O conjunto de peças de reposição, de acordo com o programa de manutenção preventiva recomendado, é claramente definido pelo fabricante em uma lista discriminada que inclui números de peças, descrições e custo unitário, bem como indicação de marca/modelo específico (por exemplo, para disjuntor, placa de circuito impresso, meio adsorvente, componentes do compressor, válvulas, anéis, capacitor do motor, analisador etc.). Deve incluir também um conjunto dos elementos filtrantes fornecidos em conjunto com o equipamento (sim/não)		

ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
EQUALIZAÇÃO FINANCEIRA	20.10		Preço do conjunto de partes e peças mencionado no artigo anterior (USD)		
	20.11		Valor do contrato de manutenção preventiva e corretiva que inclui cobertura completa do equipamento e eventual necessidade de troca de telas, resistências elétricas, CLP, molduras, troca de botoeiras, teclado de membrana etc. (USD)		
	20.12		Valor do contrato de manutenção preventiva e corretiva que inclui a cobertura completa do equipamento e eventual necessidade de troca de telas, resistências elétricas, CLP, guarnições, botoeiras, teclado de membrana etc., caso inclua atendimento fora do horário comercial (à noite, finais de semana e feriados). O fornecedor deve garantir que o equipamento funcione continuamente com disponibilidade de 97% do tempo (*up-time* de 97%) (USD)		
	20.13		Valor do contrato de manutenção preventiva e corretiva (somente mão de obra). Peças não inclusas (USD)		
	20.14		Valor do contrato de manutenção preventiva e corretiva (somente mão de obra) caso inclua atendimento fora do horário comercial (à noite, finais de semana e feriados). Peças não inclusas (USD)		
	20.15		Valor do custo de mão de obra por hora se o hospital decidir não firmar um contrato de manutenção (USD)		
	20.16		O manual do usuário é parte integrante do equipamento (sim/não)		
	20.17		O manual de manutenção é parte integrante do equipamento. Se a equipe precisar de senhas, palavras-passe etc., estas devem ser fornecidas. O manual de manutenção possui exatamente o mesmo conteúdo técnico daquele utilizado pela equipe técnica do fabricante (sim/não)		
	20.18		O guia de instalação é parte integrante do equipamento. Informe o valor (em USD)		
	20.19		O manual necessário para qualificação de instalação do equipamento faz parte do fornecimento (sim/não)		
	20.20		O manual necessário para qualificação de desempenho do equipamento faz parte do fornecimento (sim/não)		
	20.21		Informar o consumo de energia em kWh/24 horas do equipamento nas condições acima (kWh/24 horas)		
	20.22		Frequência de calibração exigida pelo equipamento e recomendada pelo fabricante (anual, semestral, diária, automática...)		
	20.23		Informar o valor do procedimento de calibração, se for realizado pelo fabricante e não constar de um eventual contrato de manutenção (USD)		
	20.24		Informar o valor do custo médio anual de manutenção preventiva do equipamento, caso opere em condições operacionais favoráveis e adequadas (USD)		
	20.25		Se o equipamento possui tecnologia suficiente em sua infraestrutura para manutenção e atualização de *software,* aquisição e transferência de dados, análise de códigos e mensagens de erro, mas esses recursos são opcionais para compra, informar o valor desse conjunto de recursos (USD)		
	20.26		Valor de um separador de condensado (USD)		
	20.27		Valor de um pré-filtro 1 (USD)		
	20.28		Valor de um pré-filtro 2 (USD)		
	20.29		Valor de um secador de ar por refrigeração (USD)		
	20.30		Valor de um secador de ar por adsorção (USD)		
	20.31		Valor de um elemento filtrante de carvão ativado (USD)		
	20.32		Valor de um elemento catalisador (USD)		
	20.33		Valor de uma troca do meio adsorvente do secador de ar por adsorção (USD)		
	20.34		Valor de uma troca do meio adsorvente da usina geradora de oxigênio por PSA (USD)		
	20.35		Valor de uma troca de óleo do compressor de ar (USD)		
	20.36		Valor de uma carga de gás do secador de ar por refrigeração (USD)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESSADA	EQUIPAMENTO OFERECIDO	Opção 1	Opção 2
EQUALIZAÇÃO FINANCEIRA	20.37		Valor de um conjunto de peças de reposição para o compressor de oxigênio, a ser trocado a cada 6 meses ou 4.320 horas de trabalho (USD)		
	20.38		Valor de um conjunto de peças de reposição para o compressor de oxigênio, a ser trocado a cada 12 meses ou 8.640 horas de trabalho (USD)		
	20.39		O fabricante se compromete a fornecer treinamento em operação e uso do equipamento aos seus usuários a qualquer momento, após o período de garantia, com carga horária similar ao treinamento inicial. Informar o número de horas-aula e o valor em USD desse treinamento, caso seja solicitado no futuro (horas/USD)		
	20.40		O fornecedor se compromete a oferecer um período de garantia de 4 anos (48 meses) a partir da data de aceitação do respectivo equipamento, depois de totalmente instalado e comissionado (sim/não)		
	20.41		Valor da contratação de garantia estendida, contra defeitos de fabricação, por mais um ano (em USD)		
	20.42		Informar o tempo, em semanas, para oferecer e realizar atualização de dados sobre o *software* necessário para manter o equipamento operando em condições seguras. Consideramos que a atualizaçâo de datos é gratuita.		
	20.43		Valor da qualificação da instalação da usina geradora de oxigênio (USD)		
	20.44		Valor da qualificação da operação da usina geradora de oxigênio (USD)		
	20.45		Valor da qualificação de desempenho da usina geradora de oxigênio (USD)		
CAPACITAÇÃO	21.0		O forncecedor se compromete a oferecer capacitação adicional de atualização para pelo menos um membro do departamento de engenharia do hospital durante o período de garantia. Essa capacitação será oferecida pelo fornecedor sem custo adicional. (sim/não)		
	21.1		O fornecedor se compromete a oferecer capacitação adicional de reciclagem para pelo menos um funcionário do departamento de engenharia clínica do hospital durante o período de garantia. Esse treinamento será oferecido pelo fornecedor sem custo adicional		
	21.2		O fabricante se compromete a oferecer capacitação na operação e no uso do *software* de configuração, operação, diagnóstico e manutenção de todos os CLP incorporados na usina geradora de oxigênio, incluídos no pacote de treinamento de serviço, sem ônus para o cliente. O objetivo dessa capacitação é aumentar a resolutividade da equipe técnica própria do estabelecimento para que possa realizar os primeiros atendimentos no hospital, antes de ligar para o fabricante, sempre que necessário (sim/não)		
	21.3		O fabricante se compromete a fornecer treinamento na operação e no uso do equipamento aos seus operadores antes e durante o primeiro uso. Se a resposta for afirmativa, informar o número de horas-aula a considerar (sim/não)		
	21.4		O conteúdo curricular do programa de cada um dos treinamentos (técnicos e operacionais) necessários deve ser enviado (15 dias após a formalização da compra) ao departamento de engenharia do hospital para avaliação e formalização junto aos usuários e ao programa de educação continuada da organização. Os profissionais treinados nessa atividade pelo fornecedor devem ter experiência comprovada em engenharia clínica hospitalar. O conteúdo do treinamento operacional deve estar alinhado com a principal área de atuação médica-administrativa do hospital (sim/não)		
LEED	22.0		O instalador se compromete a remover todos os resíduos assim que a instalação estiver concluída. Também deve ser responsável pela destinação final desses resíduos, de acordo com os padrões de qualidade do hospital em termos do PGRSS (sim/não)		

AISI: *American Iron and Steel Institute;* ASME: *American Society of Mechanical Engineers*; ASTM: *American Society for Testing and Materials*; CE: Comunidade Europeia; CLP: controlador lógico programável; FDA: *Food and Drug Administration*; GHTF: Grupo de Trabalho de Harmonização Global; ISO: Organização Internacional de Normalização; LEED: *Leadership in Energy and Environmental Design*; PGRSS: Plano de Gerenciamento de Resíduos do Serviço de Saúde; PSA: adsorção por alternância de pressão; psi: libra-força por polegada quadrada; UE: União Europeia; USD: dólar dos Estados Unidos.

OPAS

Organização Pan-Americana da Saúde

Organização Mundial da Saúde
ESCRITÓRIO REGIONAL PARA AS Américas

TEL: +1 (202) 974 3531
FAX: +1 (202) 775 4578
gto2@paho.org
www.paho.org/emergencies