

ARTIGO TÉCNICO

Cumprir o Acordo de Paris

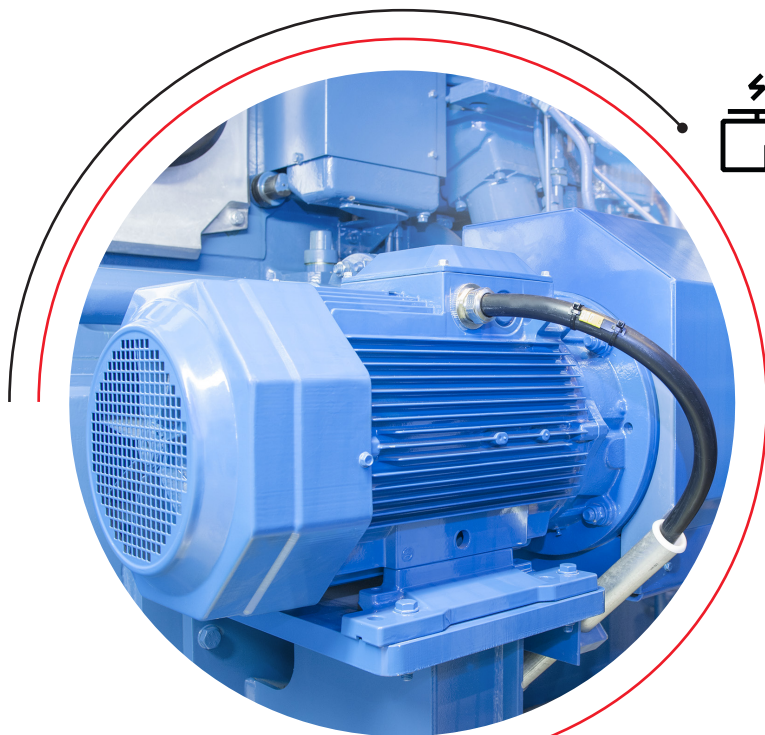
O papel vital dos motores e drives de alta eficiência na redução do consumo de energia.



O papel vital dos motores e drives de alta eficiência na redução do consumo de energia

Estima-se que, em 2050, a população global aumentará para 9,7 bilhões, de 7,7 bilhões em 2019¹. A economia global deverá duplicar no mesmo período². A urbanização, automação e o aumento dos padrões de vida aumentarão a procura global de energia. Atualmente mais de metade da população mundial vive em cidades e vilas, e as Nações Unidas projeta que a população urbana global aumentará para cerca de 68% até 2050³. Se continuarmos no mesmo caminho, esta escalada de expansão acelerará as mudanças climáticas, e a degradação da qualidade do ar e da água da qual dependem todos os organismos vivos. Para proteger o meio ambiente sem condicionar o crescimento económico, precisamos de dobrar o nosso compromisso com a redução do consumo de energia e recursos naturais.

Acompanhando as tendências globais, espera-se que a procura por movimento elétrico, ou seja, sistemas de acionamento movidos por motores elétricos, cresça significativamente. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), a indústria é responsável por 37% do uso global de energia e 24% das emissões globais de CO₂, e os edifícios são responsáveis por cerca de 30% do consumo de energia e 28% das emissões⁵ de CO₂. Uma grande proporção desta atividade está associada a motores elétricos. Estima-se que cerca de 70% da eletricidade consumida pela indústria é usada por sistemas de motor elétrico⁶. Em edifícios comerciais, 38% do consumo de energia elétrica é de motores⁷.



38%

do consumo de energia elétrica é de motores em edifícios comerciais.



70%

da eletricidade consumida pela indústria é usada em sistemas de motores elétricos.

Os motores elétricos estão em uso há 150 anos e têm melhorado continuamente ao longo do tempo. Ainda assim, na última década, passaram por um período de avanço tecnológico excepcionalmente rápido. A última onda de inovação abriu as portas para uma redução significativa da pegada de carbono dos motores elétricos industriais e comerciais no futuro imediato. Uma gama crescente de motores elétricos altamente eficientes em termos de energia (classificados como IE3 ou superior) e os variadores de velocidade (também conhecidos como "conversores de frequência" ou "drives AC") que podem ser usados para os acionar, estão agora disponíveis no mercado.

Estas tecnologias são a chave para habilitar muitos dos países signatários do Acordo de Paris para cumprir as suas metas de redução de carbono ao longo dos próximos 10 anos. O potencial alcance do seu impacto é enorme.

Mas para obter todos os benefícios dos motores e conversores de frequência de alta eficiência, todas as partes interessadas têm um papel importante a desempenhar :

- Decisores públicos e reguladores governamentais terão de incentivar a sua rápida adoção.
- Empresas, cidades e países precisam de estar cientes da economia de custos e das vantagens ambientais e estar dispostos a fazer o investimento.
- Fabricantes como a ABB precisarão de fornecer as tecnologias necessárias e continuar a impulsionar a inovação que melhora a eficiência energética.
- Os investidores precisam de realocar capital para as empresas melhor preparadas para enfrentar o risco climático.
- Os programas de educação pública deverão explicar e promover o valor dessas atualizações.

Estes passos já foram dados para apoiar a adoção de veículos elétricos e fontes de energia renováveis. É o momento certo para fazer o mesmo por uma tecnologia que promete trazer maiores benefícios para o meio ambiente e a economia global.



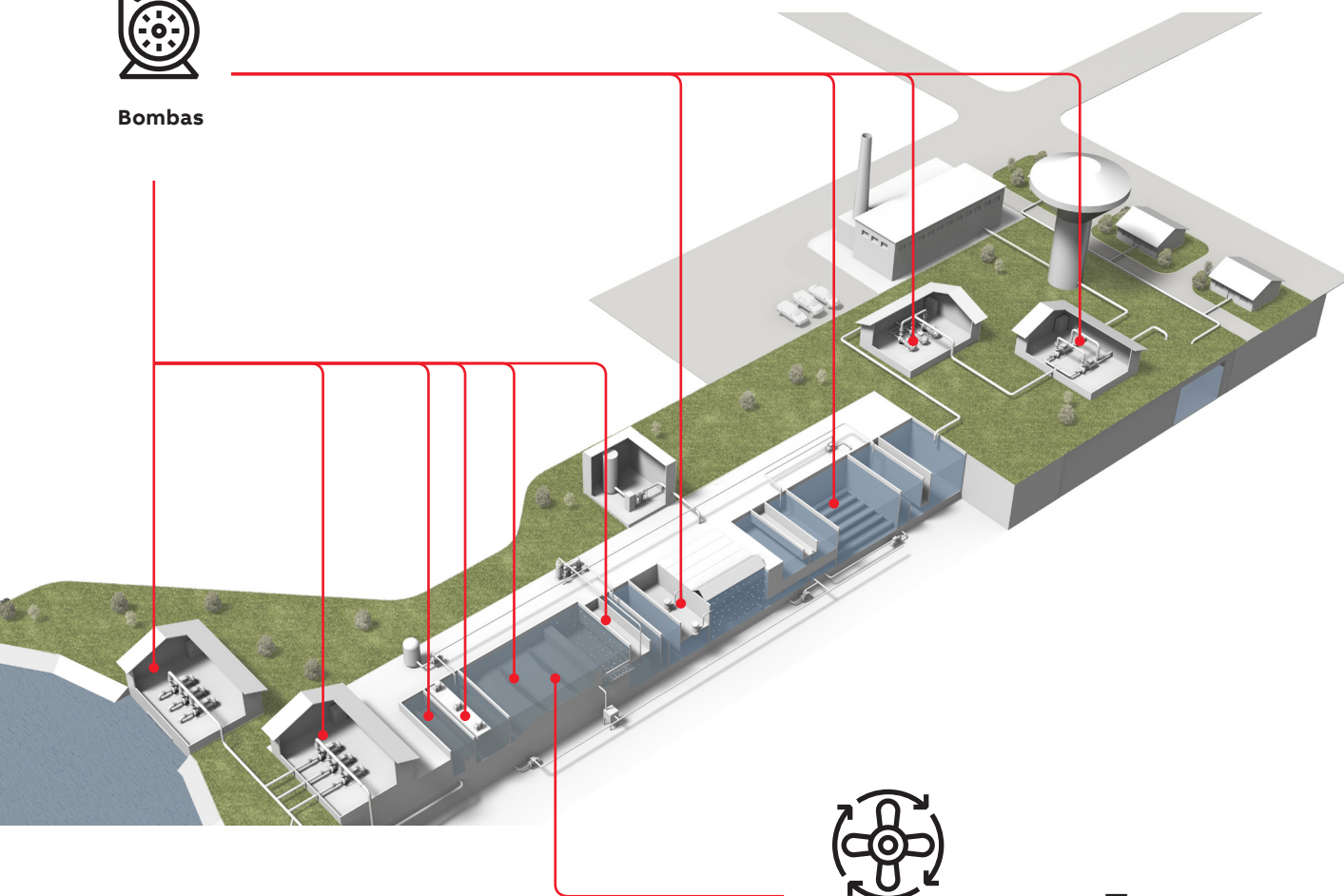
O papel crítico dos motores elétricos

Motores modernos e de alta eficiência, combinados com conversores de frequência, são projetados para serem flexíveis e fiáveis. Acima de tudo, são extremamente eficientes, oferecendo reduções significativas no consumo de energia em comparação com os sistemas mais antigos. A sua importância no desenvolvimento de uma sociedade sustentável não pode ser desvalorizada. Uma vez que 45% da eletricidade do mundo é utilizada para alimentar motores elétricos em edifícios e aplicações industriais, qualquer investimento na atualização do equipamento usado nestes sistemas trará benefícios significativos em termos de eficiência e sustentabilidade⁸.

Embora pouco visíveis, os motores elétricos são onnipresentes, uma parte integrante da indústria global e da vida quotidiana.



Bombas



Compressor de aeração

Aplicações motorizadas podem ser encontradas em todas as fases do tratamento de água.

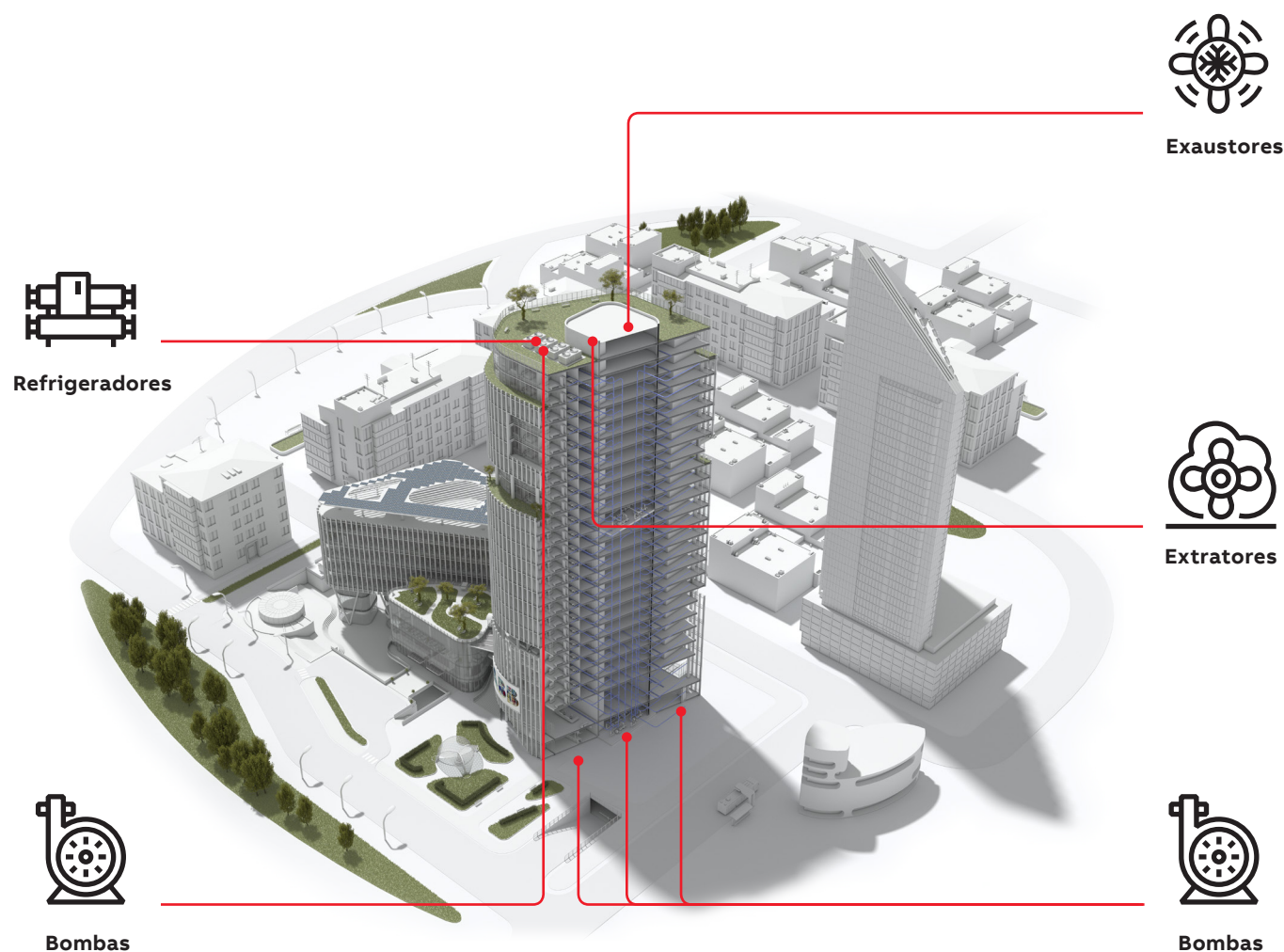
Podemos encontrar pequenos motores nos compressores usados em aparelhos de ar condicionado e refrigeradores, nas janelas dos carros, impressoras de computadores, ventiladores de aparelhos eletrônicos e inúmeros outros dispositivos comuns. Podemos encontrar motores de médio porte em sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), bem como em elevadores, e automóveis elétricos e híbridos. São amplamente usados na indústria, para bombas, transportadores, ventiladores e movimentos mecânicos de todos os tipos. Os maiores motores elétricos encontram-se na ferrovia, teleféricos, sistemas de propulsão de navios e equipamentos pesados utilizados em minas e fábricas de papel.

Embora os grandes motores, com mais de 375 kW de potência, representem apenas 0,03% de todos os motores em uso, estes perfazem 23% do consumo total dos motores elétricos em todo o mundo, ou 10,4% de toda a energia elétrica utilizada. Os motores mais pequenos, com menos de 0,75 kW de potência, são responsáveis por apenas 9% do consumo de energia em motores elétricos⁹.

A maior parte da energia elétrica consumida por motores é utilizada por motores de médio porte. Muitos são maiores do que o necessário para as aplicações em questão e geralmente trabalham na velocidade total, mesmo quando a energia extra não é necessária.

Aproximadamente 75% dos motores industriais em operação são usados para acionar bombas, ventiladores e compressores, uma categoria de máquinas altamente suscetível a grandes melhorias de eficiência.¹⁰

As potenciais reduções a serem alcançadas no consumo de energia e pegadas de carbono são no mínimo dramáticas.



As aplicações motorizadas são encontradas em todos os edifícios para fornecer aquecimento, ventilação e ar condicionado.

Os motores estão na vanguarda dos esforços globais para melhorar a eficiência e reduzir as emissões

A tendência da engenharia industrial tem sido a utilização de mais motores e mais pequenos, otimizados para tarefas específicas. Combinar a potência de um motor com a potência máxima necessária para uma tarefa já representa um passo importante para alcançar uma maior eficiência energética. Indiscutivelmente essa eficiência pode resultar numa maior complexidade. Mas nos sistemas mais recentes, essa complexidade é efetivamente abordada pela implementação de sensores inteligentes e sistemas de monitorização conectados que podem alertar os operadores quando um determinado motor indica sinais de necessidade de reparação ou substituição.

Ao mesmo tempo, os projetos de motores modernos oferecem maior eficiência do que no passado. A eficiência de um motor é igual à sua potência mecânica de saída dividida pela potência elétrica de entrada. O tipo de motor elétrico mais comum em uso é o motor de indução de corrente alternada (AC), baseado nos projetos desenvolvidos no século 19 por Galileo Ferraris, Nikola Tesla e Mikhail Dolivo-Dobrovolsky. Esses motores têm melhorado constantemente ao longo dos anos, com base em alterações de materiais e construção de estator e rotor.

Os padrões de eficiência internacional (IE) estipulam a eficiência energética dos motores AC de baixa tensão. Estes códigos IE servem como referência para os governos que especificam níveis de eficiência como padrões mínimos de desempenho energético (MEPS).

Vale a pena salientar que mesmo um motor de indução comum é altamente eficiente em comparação com qualquer motor de combustão interna. A eficiência térmica da alimentação do motor de um carro de passageiros típico raramente é melhor do que 35%.¹¹ Praticamente qualquer motor elétrico de potência comparável alcança uma eficiência superior a 90%.

Os motores de indução modernos estão disponíveis com níveis de eficiência muito elevados. A eficiência do motor é avaliada de acordo com uma escala publicada pela International Electrotechnical Commission (IEC). Os motores classificados como IE1 ou IE2 são comparativamente ineficientes. Um motor de indução AC de 200 kW em IE3 atinge uma eficiência de aproximadamente 96%. Alguns dos motores mais recentes atingem o nível IE4, que representa perdas de energia de cerca de 15% inferiores às dos motores IE3, e os motores mais recentes IE5, de "eficiência ultra-premium", atingem o nível mais alto de eficiência energética alcançado até agora.

1

IE1
Eficiência
Padrão

2

IE2
Alta
Eficiência

3

IE3
Eficiência
Premium

4

IE4
Eficiência Super
Premium

5

IE5*
Eficiência Ultra
Premium

Cinco níveis de eficiência dos motores

*A classe IE5 ainda não foi especificada como padrão, mas alguns fabricantes já desenvolveram motores que serão compatíveis.



Atualmente, muitos motores em uso não atendem a estes padrões e dependem de designs mais antigos, IE1 ou IE2. Para além disso, muitos destes motores estão sobredimensionados para a função que servem. Frequentemente, fornecem muito mais potência do que o necessário, o que, conseqüentemente, desperdiça energia. Ganhos consideráveis em eficiência podem ser alcançados simplesmente instalando motores corretamente dimensionados para a aplicação em questão.

Junto com os motores de indução, alguns projetos com motores mais recentes e altamente eficientes estão a estabelecer-se como alternativas práticas. Entre eles está o motor síncrono de relutância, que combina o desempenho de um motor de ímã permanente com a simplicidade e facilidade de manutenção de um motor de indução. Ao contrário dos motores de ímã permanente, os motores síncronos de relutância não requerem o uso de ímanes. Em vez disso, alcançam um torque de relutância maximizado a partir de um rotor com construção simples, mas robusto.

Atualmente, estes motores inovadores são práticos e notavelmente eficientes, capazes até mesmo de cumprir a meta IE5 proposta, delineada pela primeira vez em 2016¹². Estima-se que, se 80% dos motores industriais instalados até hoje fossem substituídos por motores de eficiência ultra premium IE5, seriam economizados 160 terawatts-hora de energia por ano, o equivalente a um consumo de energia

superior ao anual na Polónia.^{13 14} Enquanto o mundo procura aumentar a eficiência energética em geral, novas aplicações têm surgido, valorizando os projetos com motores eficientes.

Isto certamente é verdade para qualquer aplicação que depende de baterias para alimentar um motor. Um automóvel movido a bateria, por exemplo, não pode desperdiçar energia extraída da rede, mas deve ser cuidadosamente projetado para minimizar o consumo e, ao mesmo tempo, maximizar o alcance e a energia disponíveis para o condutor. Esta necessidade está a impulsionar um fluxo constante de novos avanços tecnológicos num momento de crescimento global das vendas de veículos elétricos, uma tendência que deve continuar a crescer.

Tecnologia de tração de última geração, sistemas de armazenamento de energia e soluções de comboios híbridos permitem agora uma gama crescente de opções de transporte livre de emissões em ferrovias, autocarros, veículos pesados e embarcações marítimas. Barcos de emissão zero e ferries híbridos começam a surgir nas rotas marítimas pelo mundo. As inovações no design dos motores têm um papel importante a desempenhar, permitindo a rápida adoção de todas estas formas de mobilidade elétrica.

O papel subestimado dos conversores de frequência.

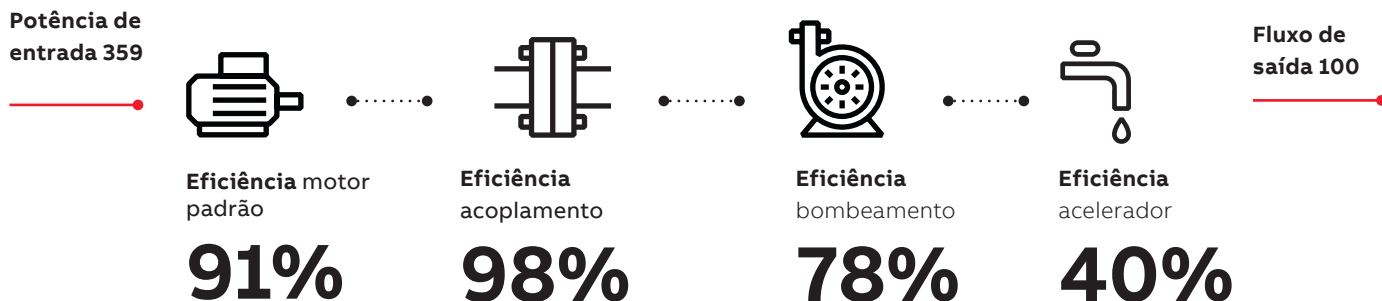
Embora existam ganhos de eficiência significativos a serem obtidos com a atualização de um motor, uma maior economia de energia é alcançável quando um motor de alta eficiência é usado em combinação com um conversor de frequência.

Um conversor de frequência serve para acionar um motor elétrico de forma a otimizar o seu funcionamento. Isto é conseguido ajustando a velocidade e o torque de um motor conforme é acionado para corresponder aos níveis de carga do sistema. Com o conversor de frequência certo, um motor elétrico funcionará tão rápido quanto necessário pela carga subjacente, proporcionando economias de energia significativas.

Os conversores controlam a velocidade de um motor AC variando a frequência e a tensão da energia que está a ser fornecida. As primeiras unidades, desenvolvidas no início do século 20, eram baseadas em projetos mecânicos.

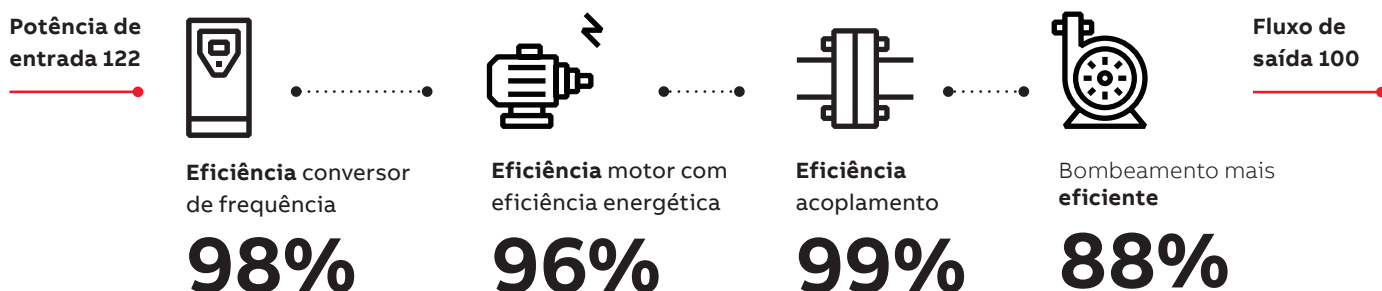
Sistema de bombeamento convencional

Eficiência do sistema = 28%



Sistema de bombeamento com eficiência energética

Eficiência do sistema = 82%



Com os sólidos avanços da eletrônica nas últimas décadas, os conversores de frequência tornaram-se significativamente mais sofisticados e menos caros. Apesar destes avanços, os mesmos têm sido implantados a um ritmo modesto até agora. Estima-se que 23% dos motores industriais no mundo estão atualmente equipados com conversores de frequência de velocidade variável.¹⁵ Espera-se que este número aumente para 26% nos próximos cinco anos, mas poderia ser alcançada uma economia adicional substancial, se a taxa de adoção fosse maior. Especialistas da indústria sugeriram que cerca de 50% dos motores industriais beneficiariam ao serem acionados por um conversor de frequência.

Sem serem acionados por um conversor muitos motores funcionam na velocidade máxima, mesmo quando os requisitos de carga são mínimos. Por exemplo, para controlar a potência mecânica gerada pelo motor em aplicações de

bombeamento, é utilizada uma técnica chamada de "estrangulamento", o que corresponde a reduzir a velocidade de um carro carregando no travão sem tirar o pé do acelerador. Isto representa um desperdício substancial de energia.

Quando um conversor de frequência é adicionado ao motor existente de uma bomba, ventilador ou compressor, é possível reduzir o consumo de energia cerca de 25%.¹⁷

O impacto da digitalização e conectividade

Outro desenvolvimento tecnológico que deve melhorar a eficiência dos motores elétricos pode ser encontrado na digitalização e conectividade - a "Internet Industrial das Coisas". Ao instalar sensores conectados sem fios aos motores existentes, é possível monitorizar o seu desempenho de forma transparente e remota. Numa instalação industrial complexa ou sistema HVAC de grandes edifícios, os dados resultantes podem tornar possível otimizar processos e obter ganhos significativos de eficiência e economia de energia.

Quando os motores monitorizados são controlados por conversores de frequência, tornam-se realmente motores inteligentes, pois podem ser controlados remotamente ou mesmo automaticamente, otimizando ainda mais o seu desempenho, a eficiência do sistema e a economia de energia. Os dados fornecidos pelos sensores podem ser analisados juntamente com outros dados de controlo e usados por um sistema de controlo central como base para ajustes em tempo real para toda a instalação.

Potenciais benefícios e o caminho a seguir

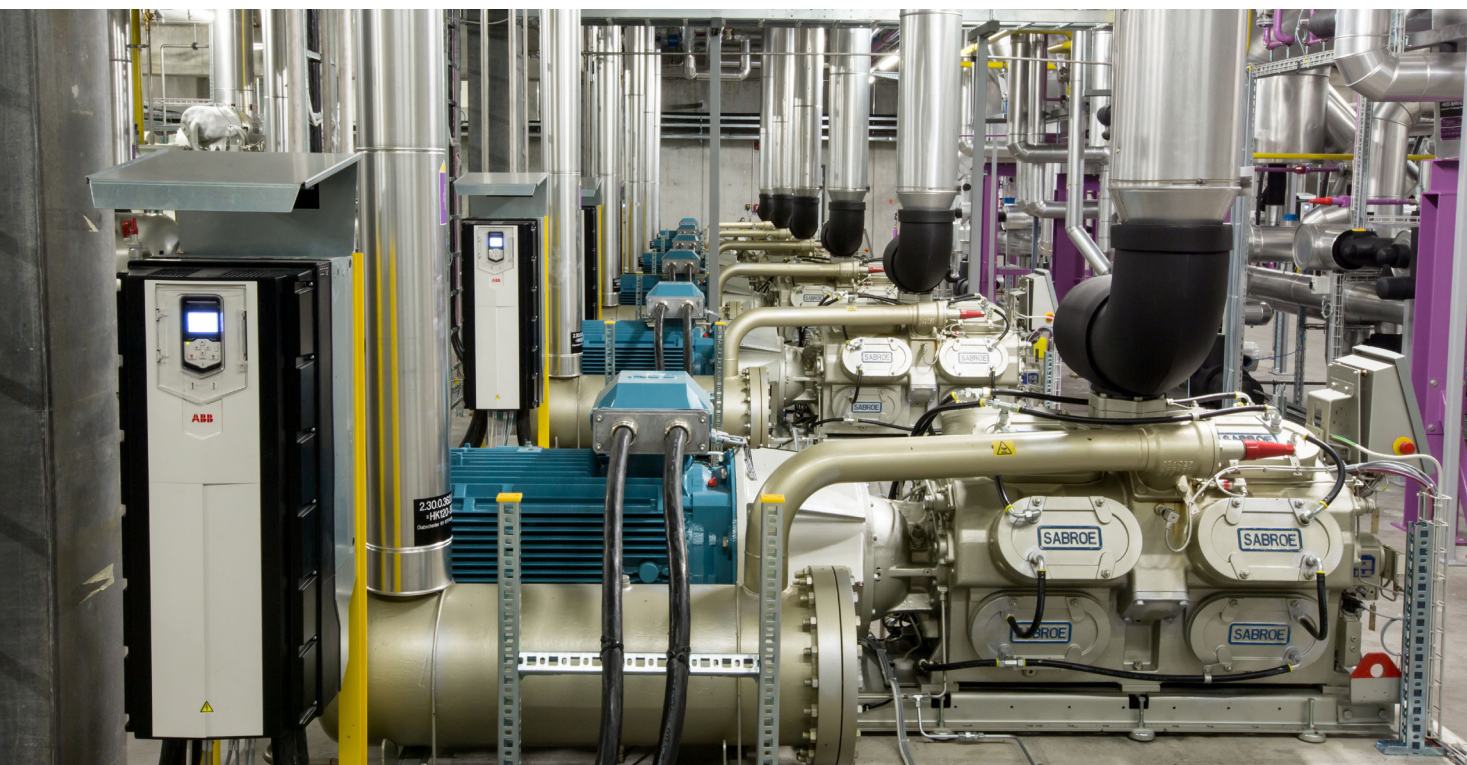
Estima-se que, se todos os mais de 300 milhões de sistemas acionados com motores elétricos industriais atualmente em operação fossem substituídos por equipamentos otimizados de alta eficiência, o consumo global de eletricidade poderia ser reduzido em até 10 por cento.¹⁸

Assim, os potenciais ganhos associados à modernização são grandes.¹⁹ No entanto, ainda há desafios práticos a serem superados se quisermos alcançar estes ganhos.

As políticas reguladoras estão entre os principais impulsionadores do investimento industrial em eficiência energética em todo o mundo. Isto é particularmente verdadeiro para as regras implementadas por grandes produtores industriais, como a China, Europa, Índia e Estados Unidos. Regras e incentivos adequadamente projetados podem ter um papel importante na promoção da adoção de tecnologias de motores de alta eficiência.

Outra consideração importante são os períodos de retorno do investimento, uma vez que os investimentos em eficiência energética devem competir com os potenciais retornos de outros investimentos.²⁰ Um investimento em motores e conversores tende a ser uma proposta atraente devido à facilidade de instalação; geralmente podem ser instalados sem a necessidade de qualquer modificação adicional de um sistema industrial existente. No entanto, o cronograma de retorno do investimento depende muito dos preços da energia. Em períodos com preços de energia mais altos, podemos esperar um aumento do investimento em equipamentos mais eficientes. Atualmente, os incentivos financeiros não estão a impulsionar a sua rápida adoção.

No entanto, é um fato de que a instalação de mais conversores de frequência e motores elétricos mais recentes representam uma tremenda oportunidade dado que o mundo procura alcançar uma maior eficiência energética. Os ganhos que podem ser alcançados com a melhoria da eficiência energética em geral, poderão ser responsáveis por mais de 40% da redução de emissões de gases de efeito estufa exigida até 2040 para atingir as metas climáticas estabelecidas pelo Acordo de Paris.²¹



Alguns projetos de sucesso recentes e os seus impactos

Não faltam exemplos de como motores de alta eficiência já estão a gerar economia e benefícios ambientais em todo o mundo. Citaremos apenas alguns deles.

Ásia

Em 2018, o Programa Nacional de Substituição de Motores da Índia (India's National Motor Replacement Program (NMRP) realizou estudos-piloto com 36 motores nas cidades de Ahmedabad, Surat, Jamnagar e Mumbai. Substituindo motores de eficiência padrão por motores de eficiência premium IE3 em compressores, bombas, ventiladores e exaustores usados nas indústrias de latão, têxtil, química e automóvel, foi verificada uma economia de energia em todas as instalações piloto. O NMRP começou a explorar o potencial impacto da atualização de 5.000 motores de eficiência padrão em grandes empresas e PME's em todo o país. Concluiu que a ação alcançaria uma economia anual de energia de 9.150 MWh, uma economia de custo anual de \$ 902.112 e uma redução anual de emissões de CO₂ de 8.050 toneladas. O NRMP estima que a captura de todo o mercado do país levaria a uma economia de energia de aproximadamente 22 milhões de MWh e reduções de emissões de 18,3 milhões de toneladas de CO₂ por ano.²²

Europa

Na refinaria de açúcar Nordzucker AG em Uelzen, Alemanha, os conversores de frequência industriais regenerativos da ABB estão a ser usados para acionar as centrifugadoras de açúcar com um nível de eficiência sem precedentes. As centrifugadoras desempenham um papel fundamental no processo de fabrico do açúcar, separando o açúcar cristalino de um xarope pegajoso. Os motores que acionam as centrifugadoras devem acelerar determinadas quantidades até uma velocidade máxima em torção por cerca de 15 a 20 segundos antes de desacelerar a centrifugadora o mais rápido possível. Os conversores de frequência permitem que se faça isso sem sobreaquecimento. Melhor ainda, a sua capacidade regenerativa torna possível devolver a energia gerada com a travagem dos motores de volta à rede. Em comparação com outros métodos de travagem, estas unidades economizam significativamente mais energia.²³

Américas

O Enercare Centre no Exhibition Place em Toronto é o nono maior centro de convenções da América do Norte, com mais de um milhão de metros quadrados de espaço. Também é certificado pelo LEED Platinum e valoriza as operações ecoeficientes. Mas o seu tamanho significa que o seu sistema HVAC usa mais de 380.000 kWh por ano para alimentar as bombas que fazem circular a água para aquecimento e refrigeração em toda a instalação. Em 2018, equipou 11 grandes bombas com modernos conversores de frequência para HVAC. O projeto conseguiu resultados imediatos, reduzindo o consumo de energia da bomba em até 38%.²⁴



O impacto global

dos motores e conversores de frequência de alta eficiência da ABB

Como fornecedor líder em motores e conversores de frequência de baixa e média tensão, a ABB avalia frequentemente o impacto líquido do equipamento que produziu na eficiência energética global. Ao longo de 2020, a base instalada de motores e conversores de frequência de alta eficiência da ABB permitiu uma economia de eletricidade de 198 terawatts-hora (ou mais de três vezes o consumo anual total da Suíça).²⁵ Em 2023, estima-se que a expansão da base instalada de motores e conversores de frequência ABB irá permitir que os clientes economizem 78 terawatts-hora adicionais de eletricidade por ano, um pouco mais do que o consumo anual total do Chile.

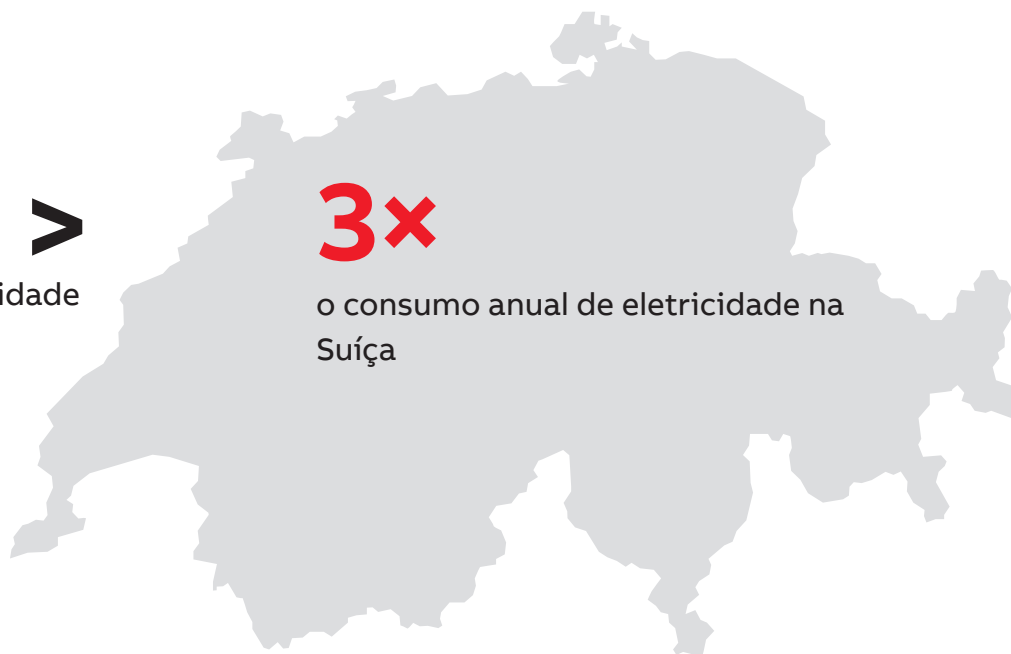
Enquanto Grupo, a ABB está comprometida em apoiar os seus clientes na redução das suas emissões anuais de CO₂ em 100 megatons adicionais de 2021 a 2030.²⁶ Além de motores e conversores de frequência, a empresa está a usar a conectividade digital e a inteligência artificial para melhorar a eficiência e o desempenho de uma ampla gama de tecnologias, como máquinas e robôs, bem como locais de produção, navios e minas. Estas soluções conectadas também prolongam a vida útil do equipamento, ajudando a preservar os recursos. A ABB pretende liderar pelo exemplo - alcançando a neutralidade de carbono nas suas próprias operações. A ABB irá fazê-lo continuando a sua transição para fontes de energia renováveis, melhorando a eficiência energética nas suas fábricas e escritórios e convertendo a sua frota de veículos para elétricos ou outras alternativas não emissoras.

198 TWh
de poupança de eletricidade



3x

o consumo anual de eletricidade na
Suíça



Conclusão

A tecnologia de que o mundo precisa para melhorar significativamente a eficiência energética está ao nosso alcance. Muito disso, como motores e conversores de frequência de alta eficiência, estão bem estabelecidos e testados ao longo do tempo. Acelerar a adoção das tecnologias existentes - na indústria, nas cidades e nos transportes - proporcionaria economias de energia significativas em todo o mundo. Por esse motivo, motores e conversores de frequência de alta eficiência devem ser de grande interesse para a comunidade de investidores, que cada vez mais veem a sustentabilidade como parte dos seus critérios de investimento.

Ao promover a sua adoção por meio de incentivos fiscais, investimento público e sistemas base de regulação, os governos podem estimular mais investimentos privados e investigação e fazer com que o mundo fique mais perto de atingir as metas climáticas estabelecidas pelo Acordo de Paris.

Os benefícios de uma maior eficiência energética vão muito além da luta contra as alterações climáticas. Contribuem amplamente para a conservação do meio ambiente, ar e água

mais limpos, uma melhor saúde pública, independência energética e o desenvolvimento e crescimento de uma economia mais forte. Desde o início da era industrial, as melhorias na eficiência produtiva sempre levaram diretamente a períodos de expansão económica. Com os mais recentes avanços tecnológicos, estamos a embarcar numa era em que uma maior eficiência contribui simultaneamente para o crescimento da economia e proteção ambiental. Acelerando a adoção destas soluções é simplesmente senso comum.

Embora os desafios futuros sejam substanciais, não são intransponíveis. Com o investimento adequado e legislação apropriada, deve ser possível nas próximas décadas fazer grandes progressos em direção aos objetivos climáticos do Acordo de Paris, bem como sobre as metas do Desenvolvimento Sustentável da ONU. Como os impactos ambientais e económicos relacionados com as tecnologias obsoletas cresceram, torna-se claro o quanto podemos ganhar com a adoção de novas e melhores maneiras de fabricar bens e operar os nossos edifícios e rede de transporte. Quanto mais rápido pudermos fazer isto acontecer, mais depressa todos poderemos beneficiar.

- (1) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Population Prospects 2019: Highlights," https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf.
- (2) Guillemette, Y. and D. Turner (2018), "The Long View: Scenarios for the World Economy to 2060," OECD Economic Policy Papers, No. 22, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b4f4e03e-en>.
- (3) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Urbanization Prospects 2018: Highlights," <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>.
- (4) IEA, "Tracking industry 2020," <https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2020>
- (5) UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction, "Why buildings?", 2019 (2018 IEA data), <http://globalabc.org/media-global-advocacy/why-buildings-our-key-messages>.
- (6) Fong, J.; F. Ferreira; A.M. Silva; and A.T. De Almeida, "IEC61800-9 System Standards as a Tool to Boost the Efficiency of Electric Motor Driven Systems Worldwide," *Inventions*, 2020, 5, 20, <https://www.mdpi.com/2411-5134/5/2/20/htm>.
- (7) Waide, P. and C.U. Brunner, "Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems," International Energy Agency working paper, Paris, 2011.
- (8) *Ibid.*, p. 35.
- (9) Stoffel, B., "The role of pumps for energy consumption and energy saving," 2015, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/electric-energy-consumption>.
- (10) Omdia, "Motor-driven Equipment Research Package," 2020
- (11) Christian Bach, "Record efficiency for a gas engine," *Phys.org*, <https://phys.org/news/2019-06-efficiency-gas.html>.
- (12) IEC TS 60034-30-2:2016, "Rotating electrical machines - Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors," International Electrotechnical Commission, Geneva, 2016, https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60034-30-2%7Bed1.0%7Den.pdf.
- (13) Based on an assumption of 300 million industrial motors currently in service worldwide. Global sales from 2016 to 2020 amounted to roughly 200 million motors. Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.

- (14) U.S. Energy Information Administration, international data: electricity, 2019, Poland, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-consumption>.
- (15) Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.
- (16) IEA, "Energy efficiency roadmap for electric motors and motor systems," 2015, p. 12.
- (17) For an example of the calculations involved, see "Program Insights: Variable frequency drives," Consortium for Energy Efficiency, 2019, <https://www.cee1.org/content/variable-frequency-drives>.
- (18) Waide, P. and C.U. Brunner, *op. cit.*, pp. 13, 17, 118. Absent additional regulations or incentives, and based on ordinary rates of replacement, it is expected that upgrading to high-efficiency equipment could occupy from 10 to 20 years.
- (19) United4Efficiency, "Accelerating the Global Adoption of energy-efficient electric motors and motor systems," UN Environment Programme, <https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/11/Motors-Policy-Brief.pdf>.
- (20) "Energy Efficiency 2020," International Energy Agency, Paris, 2020, <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>.
- (21) *Ibid.*
- (22) "National Motor Replacement Program Vision Document," Energy Efficiency Services Limited, 2019, https://copperindia.org/wp-content/uploads/2020/03/Vision-Documents_NMRP.pdf
- (23) "A sugar-sweet start," ABB, 2017, <https://new.abb.com/drives/media/a-sugar-sweet-start>.
- (24) U.S. Energy Information Administration, international data: electricity, 2019, Switzerland, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-consumption>.
- (25) "We enable a low-carbon society," ABB, 2022, <https://global.abb/group/en/sustainability/we-enable-a-low-carbon-society>.
- (26) "Convention center exhibits major pump energy savings," Danfoss case studies, 2019, <https://www.danfoss.com/en-us/service-and-support/case-studies/dd/convention-center-exhibits-major-pump-energy-savings/>



ASEA BROWN BOVERI Portugal, Unipessoal Lda

Quinta da Fonte, Rua dos Malhões,
Edifício D. Manuel I Q53, Piso 1, Fração D
2770-071 Paço de Arcos