

INTENSIFICAÇÃO DE PROCESSOS E PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA QUÍMICA 4.0

Vitor Azevedo¹, Vinícios Tadeu²

¹UFMG/Departamento de Engenharia Química/vitor.efazevedo@gmail.com

²UFMG/Departamento de Engenharia de Controle e Automação/viniciosto@gmail.com

Resumo - O presente trabalho apresenta um compilado de informações encontradas na literatura recente sobre a indústria química e coloca suas circunstâncias atuais em perspectiva. Apesar de desempenhar um papel crucial em nossa sociedade, a indústria química é também responsável por enormes quantidades de resíduos. Dada a situação ambiental de nosso planeta, melhorias na eficiência dos processos de produção são cruciais. Nesse contexto, a Intensificação de Processos aliada ao uso de tecnologias da Indústria 4.0 são avaliadas como alternativas para uma produção mais sustentável. Grandes esforços foram feitos e diversas iniciativas contribuíram para a compreensão da Intensificação de processos como uma atividade promissora e capaz de promover melhorias significativas na eficiência dos processos.

Palavras chave: Indústria Química, Process Intensification, PI, CAPI, Soluções sustentáveis.

1. A indústria química no contexto atual

Produtos químicos e seus respectivos processos de produção desempenham um papel crucial em nossa sociedade (ZHANG L, *et al.*, 2016). Seja na produção de intermediários químicos ou produtos finais¹, todos esses processos se relacionam à extração ou transformação de matéria-prima bruta nos produtos de interesse. Tendo em vista que tais conversões podem ser caras em termos energéticos e raramente se processam por completo, requerendo técnicas de separação também dispendiosas, a indústria química não somente demanda quantidades expressivas de recursos naturais e energia, mas também é responsável por enormes quantidades de resíduos e efluentes (TULA AK, *et al.*, 2019).

Vale ressaltar que os impactos ambientais advindos das circunstâncias supracitadas são potencializados pela ineficiência dos processos de produção, já que boa parte da energia e matéria-prima é convertida em poluentes ao invés dos produtos de interesse. Dadas as atuais circunstâncias e desafios enfrentados em nosso planeta

¹ e.g. farmacêuticos, petroquímicos, bioquímicos, alimentícios, poliméricos e etc.

a respeito de energia, água, alimentos e meio ambiente, melhoras significativas na eficiência do processos de produção são cruciais (NEGRO C, *et al.*, 2018).

2. Intensificação de Processos como solução

A Intensificação de Processos (ou *process intensification* - PI) é compreendida como qualquer desenvolvimento de engenharia química que resulte em uma tecnologia substancialmente mais sustentável, compacta, limpa e eficiente. Para a indústria, seu objetivo é usualmente reduzir o tamanho, custo de operação e resíduos gerados pela planta, ao passo que se mantenha ou aumente a produtividade. Por estes e outros motivos, PI vem atraindo bastante atenção da academia (Fig 1) e da indústria, sendo identificada como uma forma de concretizar as melhorias mencionadas e prover novas soluções sustentáveis e inovadoras.

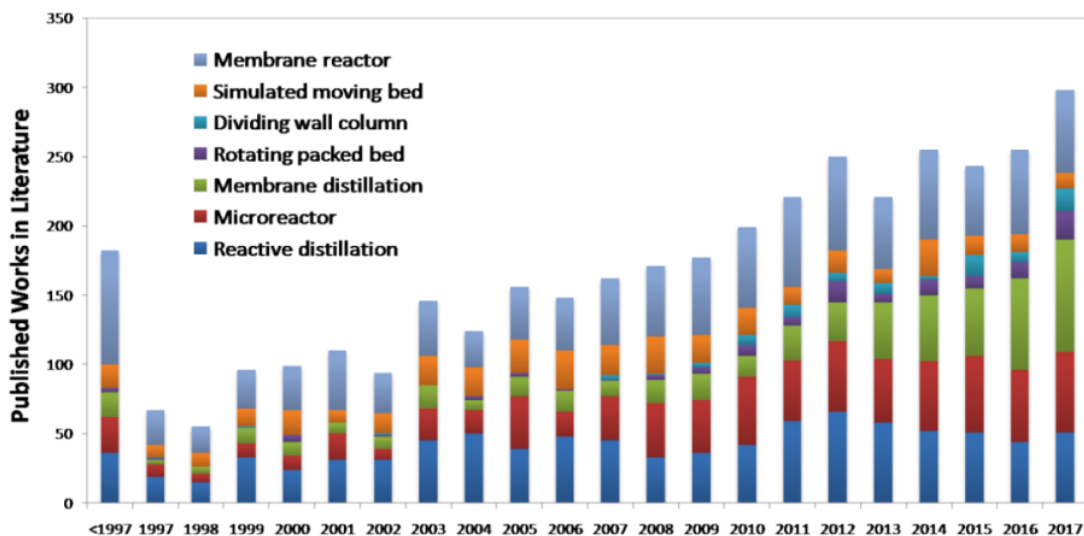


Fig. 1 - Artigos sobre tecnologias PI publicados por ano. (TIAN Y, *et al.*, 2018)

2.1 Computer-aided process intensification² - CAPI

Embora as melhorias promovidas pela Intensificação de Processos sejam promissoras, vale ressaltar que frequentemente requerem modelagens matemáticas complexas, que, dependendo do escopo, objetivos e desafios do projeto, muitas vezes se combinam complicando ou mesmo inviabilizando sua resolução.

² Intensificação de Processos assessorada por computação (Tradução livre)



O uso da computação na formulação e resolução dos problemas matemáticos que modelam as soluções PI permite incorporar e resolver múltiplos níveis de complexidade. Neste contexto, dada a formulação matemática do problema, são selecionados os problemas e desafios associados à implementação, juntamente com as técnicas adequadas de resolução, usualmente culminando em uma estrutura CAPI que usa diferentes softwares e hardwares como ferramentas.

Para citar alguns exemplos, pode-se considerar o sensoriamento³ de uma planta industrial que coleta diversos dados acerca do funcionamento do processo e alimenta uma Inteligência Artificial, capaz de aprender quais os melhores parâmetros de operação e até prever cenários críticos propensos a falhas e acidentes (XUECAI X, *et al.*, 2019).

Tais tecnologias aliadas ao crescente poder computacional permitem que múltiplos objetivos de PI sejam alcançados, algoritmos de Otimização multiobjetivo são capazes de otimizar a produtividade sem ultrapassar restrições de quantidades máximas de resíduo produzido e demais especificações técnicas⁴ e de segurança do trabalho (RAZALI S Z, *et al.*, 2020).

3. Perspectivas e considerações finais

Grandes esforços foram feitos nas últimas décadas para compreender, desenvolver e melhorar técnicas de PI. Felizmente, algumas limitações e desafios são gradativamente superadas com o advento e acessibilidade das novas tecnologias relacionadas à quarta revolução industrial e diversas iniciativas envolvendo a academia, indústria e agências foram recentemente iniciadas.⁵ Ademais, vários artigos e revisões recentes sobre PI destacam seu potencial e indicam um crescente nível de interesse por conta da promessa de melhorias significativas na eficiência dos processos. Tais perspectivas confirmam que os objetivos de uma indústria inteligente, de produção sustentável e economia circular podem ser alcançados através da aplicação apropriada das soluções de Intensificação de processos (TULA AK, *et al.*, 2019).

³ Dispositivos que medem parâmetros operacionais (e.g: Temperatura, Pressão, Vazão e etc.).

⁴ e.g: Não ultrapassar determinado limiar de temperatura, pois aumenta as chances de acidentes.

⁵ e.g: [European Road-mapping Process](#), criação do [instituto RAPID](#).

