

Ferramentas de avaliação de métodos de Química Analítica no contexto da Química Verde

Descrevem-se as principais ferramentas de avaliação do ‘perfil verde’ de métodos de Química Analítica, concebidas e implementadas na última década em nível internacional, com o objetivo de propor uma sistemática integrada de avaliação de ‘perfis verdes’ que contemple: (i) a utilização do pictograma de ‘perfil verde’ do *National Environmental Methods Index (NEMI)*; (ii) o emprego de pictogramas complementares ao pictograma *NEMI*; (iii) a aplicação da matriz *SWOT* (sigla em inglês correspondente ao acrônimo de forças (*strengths*), fraquezas (*weaknesses*), oportunidades (*opportunities*) e ameaças (*threats*)) adaptada para avaliação estratégica de métodos e práticas de ‘Química Analítica Verde’. Tal sistemática serviu de base para a construção dos instrumentos de pesquisa de campo que foram aplicados junto aos pesquisadores do Departamento de Química da PUC-Rio, durante o desenvolvimento do estudo de caso - objeto do capítulo 5.

4.1.

National Environmental Methods Index (NEMI)

O *National Environmental Methods Index (NEMI)* foi criado nos EUA, em 2002, fruto de uma iniciativa conjunta do National Water Quality Monitoring Council e do Advisory Committee on Water designada como ‘*Methods and Data Comparability Board*’ (MDCB). Desde então, o *NEMI* vem contribuindo para que a comunidade científica possa avaliar e comparar o desempenho de métodos de monitoramento ambiental, por meio do acesso a uma base de dados *on-line*, que contém informações sobre mais de 1.000 métodos e é consultada por 6.500 pessoas por mês, em média.

A iniciativa ‘*Methods and Data Comparability Board*’ (MDCB) congrega especialistas de todos os níveis de governo, representantes da indústria e de organizações privadas nos EUA. Graças a um esforço de cooperação do Green

Chemistry Institute (filiado à American Chemical Society) no âmbito do MDCB, foi possível a criação de uma ferramenta de avaliação e comparação de métodos analíticos, segundo um ‘perfil verde’, com base em quatro critérios ambientais e de segurança. Atualmente, uma grande parcela dos métodos indexados na base de dados *NEMI* traz informações sobre os respectivos ‘perfis verdes’. Esses perfis indicam se um determinado método usa menos solventes perigosos; se utiliza produtos químicos mais seguros; se evita desperdícios e se minimiza a geração de resíduos.

4.1.1

Visão geral do *National Environmental Methods Index (NEMI)*

O *NEMI* é uma base de dados *on-line*, de acesso gratuito, que permite aos usuários pesquisar e comparar o desempenho de métodos de análises ambientais. A Figura 4.1 mostra a página do *NEMI* na web.

Figura 4.1 - Página do *National Environmental Methods Index* na web

Fonte: <http://www.nemi.gov>. Acesso em: 10 fev.2012.

Como indicado na Figura 4.1, o usuário pode consultar todos os métodos (químicos, microbiológicos, biológicos, ensaios de toxicidade e métodos físicos) que integram a base de dados *NEMI*, clicando nos campos localizados no centro da página, a saber: (i) busca por analito; (ii) busca geral; (iii) busca multi-analito;

(iv) coleção de amostras; (v) todos os métodos. Se desejar, porém, restringir sua pesquisa, o usuário poderá usar os critérios de seleção oferecidos para cada tipo de busca. Na seção seguinte, será descrito com mais detalhe as estratégias de busca no *NEMI* que incluem os ‘perfis verdes’.

Essa base de dados vem sendo sistematicamente atualizada e reúne hoje informações e dados sobre mais de 1.000 métodos analíticos, como detalhado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Métodos analíticos da base de dados *NEMI*

Categoria	Métodos
Biológicos	5 métodos bioquímicos 42 métodos microbiológicos 15 <i>population/community methods</i>
Químicos	2 métodos gerais 665 métodos inorgânicos 286 métodos orgânicos 62 métodos radioquímicos 22 Métodos de preparação de amostras
Físicos	30 métodos físicos
Estatísticos de ensaios de toxicidade	10 métodos - toxicidade aguda 2 métodos - biotoxina 8 métodos - toxicidade crônica
Total	1.149 métodos

Fonte: Elaboração própria, a partir de consulta ao *NEMI*, 2012.

Para cada método, a base de dados *NEMI* fornece um resumo dos procedimentos e dados de desempenho necessários para uma avaliação confiável dos requisitos de implantação do método analítico. Como comentado, para uma grande parcela de métodos, a base apresenta seus respectivos ‘perfis verdes’.

A base de dados *NEMI* oferece vários benefícios aos usuários, a saber: (i) é de fácil acesso e sem custos; (ii) fornece informações atualizadas sobre os métodos e *links* com fontes confiáveis de domínio público; (iii) garante confiabilidade e consistência dos dados, sob a coordenação do *Methods and Data Comparability Board* (MDCB); e (iv) permite comparar os ‘perfis verdes’ de grande parcela dos métodos indexados.

As principais fontes utilizadas para atualização das informações do *NEMI* são:

- *US Environmental Protection Agency (EPA);*
- *U.S. Geological Survey;*
- *US Department of Energy (DoE);*
- *American Society for Testing and Materials (ASTM);*
- *American Chemical Society (ACS);*
- *AOAC International - The Scientific Association Dedicated to Analytical Excellence®* (antiga Association of Official Analytical Chemists);
- Procedimentos e padrões de domínio público;
- Empresas privadas, como, por exemplo, Hach.

A base de dados do *NEMI*, que foi lançada publicamente em 2002, continua a ser atualizada e ampliada para incluir um número crescente de métodos. Embora o *NEMI* seja a maior base de dados de métodos analíticos ambientais, ela ainda contém apenas uma parcela daqueles disponíveis. A grande maioria dos métodos do *NEMI* são para uso em meio aquoso. No entanto, a base de dados foi construída para incluir métodos projetados para outros meios, como, por exemplo, ar, tecido animal, solos/sedimentos e outros. Alguns métodos representativos desses meios já foram apresentados pela *Environmental Protection Agency* (EUA) e pelo *US Geological Survey* (EUA).

Atualmente, os métodos também são procurados e fornecidos por organizações científicas (ASTM e Standard Methods, por exemplo), bem como por empresas privadas. Não há qualquer pagamento de taxa para consultar o *NEMI*. Para ser elegível para a inclusão, um método deve ser descrito em um formato processual e publicado. Ou seja, deve ser acessível ao público para que outros possam obtê-lo e usá-lo. Através do *NEMI*, o usuário pode acessar resumos ou documentos completos sobre os métodos registrados na base de dados.

Os métodos podem ser facilmente pesquisados, classificados e comparados, sendo as opções de campos de busca as seguintes:

- analito (nome ou referência no *Chemical Abstracts Service - CAS*);

- tipo de meio (água, ar, solo/sedimento, ou tecido);
- instrumento e detector (mais de 80 opções);
- categoria do método (bioquímico, orgânico, inorgânico, microbiológico, físico ou radioquímico);
- fonte do método (USGS, US EPA, ASTM e muitas outras).

Além da consulta, ao se utilizar esses campos, as características de desempenho dos métodos podem ser facilmente comparadas em uma matriz de resultados, como será descrito em detalhe adiante (seções 4.1.2 e 4.1.3).

4.1.2.

‘Perfis verdes’ integrados à base de dados NEMI: definição de critérios

A fim de integrar ‘perfis verdes’ às informações já constantes da base de dados *NEMI*, em dezembro de 2005, o *Green Chemistry Institute*, dos EUA, definiu e desenvolveu quatro critérios de classificação, com a colaboração de mais de 25 especialistas em análises ambientais de diversas agências governamentais americanas e vários laboratórios privados. Esses critérios de classificação traduzem as informações e características de um determinado método analítico (incluindo regentes químicos utilizados, pH, e resíduos gerados) em um ‘perfil verde’. Os critérios do ‘perfil verde’ são expressos por quatro termos-chave: (i) PBT (persistentes, bioacumulativos e tóxicos); (ii) corrosivo; (iii) perigoso; e (iv) resíduos.

Na época, foi consenso dentre os especialistas que esses critérios eram os mais importantes, tanto do ponto de vista regulatório, quanto do alinhamento direto a princípios da Química Verde, referenciados no capítulo 2.

No plano regulatório, os produtos químicos PBT integram a lista ‘*Toxic Release Inventory*’ (TRI), estabelecida pela Environmental Protection Agency (EPA), dos EUA¹. O *Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA) organizou as categorias (D, F, O ou U) de produtos e resíduos químicos perigosos, corrosivos e definiu suas características (Keith et al., 2005; 2007). No RCRA, a EPA fica autorizada a controlar produtos químicos perigosos, da origem

¹ Ver Anexo 2.

ao descarte. Isso inclui a geração, transporte, tratamento, armazenamento e eliminação de resíduos. O RCRA também estabeleceu um quadro para a gestão de resíduos sólidos não perigosos (EPA, 2012).

Conforme informações na página da base de dados *NEMI* (2012), os critérios do perfil que determinam se um método é “menos verde” são os seguintes:

- PBT: utiliza reagentes químicos identificados como PBT na lista TRI da EPA;
- Perigoso: quando reagentes químicos utilizados no método estão na lista TRI ou pertencem à uma das categorias (D, F, O ou U) da lista RCRA;
- Corrosivo: se o pH durante a análise for < 2 ou > 12;
- Resíduos: se a quantidade de resíduos gerados for > 50 g.

A Figura 4.2 ilustra o pictograma que foi desenvolvido para visualização do perfil de um determinado método analítico considerado verde, ao atender os referidos critérios.



Quadrante verde = o método analítico não atende ao critério de seleção definido para aquele quadrante

Figura 4.2 – Pictograma representativo do ‘perfil verde’, segundo *NEMI*

Fonte: *NEMI*. Disponível em: <http://www.nemi.gov>, 2012. Acesso em: 12 fev. 2012.

Como pode ser observado na Figura 4.2, o preenchimento de um ou mais quadrantes do pictograma indica que o método analítico não atende aos respectivos critérios de classificação. Se um método atende a um ou mais dos quatro critérios, os quadrantes são deixados em branco.

A título de ilustração, na Figura 4.3, apresentam-se os ‘perfis verdes’ de dois métodos da EPA para determinação de pesticidas orgânicos na água, utilizando-se cromatografia gasosa.



Método EPA 525.5

- **Extração de uma amostra de 1L**
- **PBT: nenhum**
- **Perigoso: acetato de etila, cloreto de metileno, metanol**
- **Corrosivo: pH <2**
- **Geração de resíduos: > 50g**

Método EPA 505

- **Extração de uma amostra de 35g**
- **PBT: nenhum**
- **Perigoso: hexano**
- **Corrosivo: nenhum ácido/base**
- **Geração de resíduos: < 50g**

Figura 4.3 – Comparação dos ‘perfis verdes’ de dois métodos analíticos

Fonte: Young e Keith, 2008.

4.1.3.

Avaliação de métodos analíticos com uso da base de dados *NEMI*

Como comentado na seção anterior, há várias maneiras de consultar os métodos na base de dados *NEMI*, destacando-se as seguintes:

- **busca por analito:** busca por todos os métodos no *NEMI* para um determinado analito;
- **busca geral:** busca por todos os métodos no *NEMI* para um tipo particular de meio (água, solo, etc); categoria de método (orgânico, inorgânico, radioquímico, microbiológico, etc) ou instrumento.

Com o objetivo de construir um ‘perfil verde’ correspondente a cada método, foram coletados e analisados dados específicos, incluindo o tamanho da amostra, os produtos químicos utilizados, suas quantidades, pH do meio, a geração (ou não) de resíduos e em que quantidade.

Quando é conduzida uma pesquisa sobre um determinado analito na base *NEMI*, o usuário poderá identificar os pictogramas dos ‘perfis verdes’ que aparecem na coluna à direita da matriz de métodos associados a esse analito.

A Figura 4.4 mostra uma página de resultados de uma busca por analito.

The screenshot shows a web-based search interface for the NEMI database. At the top, there are three tabs: 'Analyte Search' (selected), 'General Search', and 'Multi-Analyte Search'. Below the tabs is a green header bar titled 'Select Search Criteria' with a plus sign icon. Underneath this are three export options: 'View Results in a New Window (Printable Format)', 'Export results for Microsoft Excel', and 'Export results as a tab separated text file (can be opened in any text editor or spreadsheet)'. A note below says 'Click on the column header to sort by that column'. The main area is a table with the following columns: Method Number, Source, Method Descriptive Name, Detection Level, Detection Level Type, Bias, Precision, Spiking Level, Instrumentation, Relative Cost, and Greenness Rating. The table contains eight rows of data, each with a small green circular icon with a white cross in the 'Greenness Rating' column.

Method Number	Source	Method Descriptive Name	Detection Level	Detection Level Type	Bias	Precision	Spiking Level	Instrumentation	Relative Cost	Greenness Rating
1624	EPA-EAD	Volatile Organic Compounds by GC/MS	10 ug/L	ML	N/A	N/A		GC-MS	\$\$\$\$	
502.2 (by PID)	EPA-NERL	VOCs in Water by GC/PID/ELCD	.01 ug/L	MDL	99 % Rec (SL)	1.2 % RSD (SL)	10 ug/L	GC-PID	\$\$\$	
5030C	EPA-RCA	Purge-and-Trap for Aqueous Samples	N/A	N/A	N/A	N/A		PREP	\$\$	
524.2	EPA-NERL	VOCs in Water Using GC/MS	.03 ug/L	MDL	99 % Rec (SL)	6.2 % RSD (SL)	.1 ug/L	GC-MS	\$\$\$	
524.3	EPA-OGWDW/TSC	Purgeable Organic Compounds in Water by GC/MS	.017 ug/L	MDL	N/A	7.8 RSD	1 ug/L	GC-MS	\$\$\$	
602	EPA-EAD	Purgeable Aromatics via GC with Photoionization Detector (PID)	.2 ug/L	MDL	106.25 % Rec (ML)	34 % RSD (ML)	4 ug/L	GC-PID	\$\$\$	
624	EPA-EAD	Purgeable Organic Compounds via GC/MS	4.4 ug/L	MIDL	113 % Rec (ML)	13 % RSD (ML)	10 ug/L	GC-MS	\$\$\$	

Figura 4.4 – Resultado de busca referente a um analito na base de dados *NEMI*

Fonte: <http://www:nemi.gov> (2012).

Além de poder comparar os métodos por critérios objetivos definidos no desenvolvimento do *NEMI*, o usuário poderá acessar dados e informações detalhadas do método que foram usadas para gerar o ‘perfil verde’ (clicando no pictograma desejado).

4.1.4.

Características dos métodos analíticos indexados na base de dados *NEMI*

Mais de dois terços dos métodos indexados no *NEMI* tiveram informações suficientes para que fossem avaliados de acordo com os critérios do ‘perfil verde’, descritos na seção anterior. No entanto, algumas limitações, na prática, impedem que determinados métodos sejam avaliado segundo tais critérios. Dentre essas limitações, destacam-se:

- falta de informações sobre o tamanho da amostra e reagentes utilizados;
- descrição completa do método não está disponível eletronicamente (geralmente, estão descritos em livros ou manuais de difícil acesso);
- ocasionalmente, parte do procedimento analítico não está descrito no método, sendo apenas referenciado em outras fontes.

Apesar das dificuldades mencionadas, um trabalho de referência, de autoria de Keith et al. e publicado em 2007, sob o título “*Green Analytical Methodologies*”, relata os resultados de um estudo sobre 560 métodos indexados no *NEMI*, que puderam ser avaliados segundo os critérios do ‘perfil verde’ na ocasião. O estudo revelou algumas tendências e padrões que foram observados no subconjunto dos métodos considerados ‘menos verdes’, a saber:

- 2/3 dos métodos analíticos pesquisados atendem ao critério ‘geração de resíduos’: a maioria das análises orgânicas, devido a extrações com solventes, e a maioria das análises inorgânicas, em função do uso de ácidos minerais para preservação ou digestão;
- 1/2 dos métodos falham em relação ao critério ‘perigoso’, pelo uso de produtos químicos considerados perigosos;
- 1/5 dos métodos falham em relação ao critério ‘corrosivo’, com pH < 2 ou > 12;
- 1/20 dos métodos falham em relação ao critério ‘PBT’, porque a maioria deles usa chumbo (para digestão) e mercúrio (para preservação);

Com relação aos métodos considerados ‘mais verdes’, as conclusões do estudo foram as seguintes:

- 3/4 dos métodos analíticos ‘verdes’ usam amostras de pequeno tamanho e geram resíduos em quantidades menores que 50 g;
- 3/4 dos métodos analíticos ‘verdes’ usam produtos químicos mais seguros ou até eliminam o uso de reagentes químicos;
- métodos verdes usam pH neutro, soluções tampão ou refrigeração (no caso de preservação).

4.2.

Pictogramas de ‘perfis verdes’ complementares ao pictograma *NEMI*

Como comentado anteriormente, embora desejável, o pictograma do ‘perfil verde’ dos métodos de Química Analítica que integram a base de dados *NEMI* não contempla critérios associados ao consumo de energia e ao risco ocupacional de quem opera os equipamentos e realiza os procedimentos analíticos.

Guardia e Garrigues (2011), citando Keith, Gron e Young (2007), apresentam um pictograma de ‘perfil verde’ complementar ao adotado na base de dados *NEMI*, que inclui esses dois critérios, como mostra a Figura 4.5, abaixo.

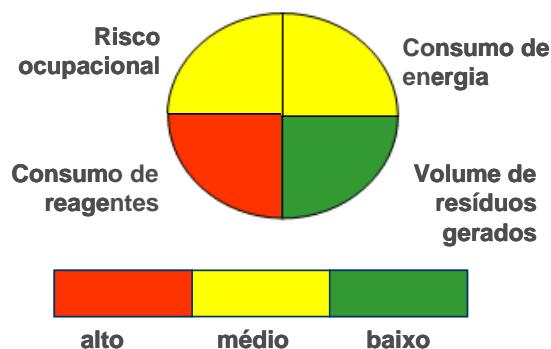


Figura 4.5 – Pictograma de ‘perfil verde’ complementar ao pictograma do *NEMI*

Fonte: Guardia e Garrigues (2011).

Como pode ser observado na Figura 4.5, a legenda com as cores vermelha, amarela e verde indica se o método analítico é menos ou mais ‘verde’. Nesse exemplo didático, o método analítico só atende totalmente ao critério ‘volume de resíduos gerados’. Atende parcialmente aos critérios ‘consumo de energia’ e ‘risco ocupacional’ e não atende ao critério ‘consumo de reagentes’, que corresponde no desenho ao quadrante vermelho (alto consumo).

Keith, Gron e Young (2007) argumentam que não é trivial dimensionar o consumo de energia e avaliar o risco ocupacional associado a um determinado método analítico, porém a proposta do pictograma complementar mostrado na Figura 4.5 pode estimular o desenvolvimento de procedimentos alternativos de avaliação alinhados aos princípios da Química Verde aplicáveis.

Outro pictograma complementar ao pictograma *NEMI* refere-se ao alinhamento do método ou prática aos princípios da Química Verde aplicáveis à Química Analítica Verde.

A Figura 4.6 mostra vários exemplos de perfis resultantes de análises com uso desse pictograma complementar.

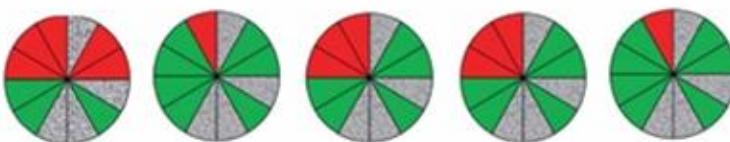


Figura 4.6 – Pictogramas de ‘perfis verdes’, segundo os doze princípios da Química Verde

Fonte: Deetlefs e Seddon, 2010.

Como indicado na Figura 4.6, o pictograma é construído com 12 fatias, que correspondem aos 12 Princípios da Química Verde, descritos no capítulo 2.

A cor cinza indica que o princípio não se aplica para o método que está sendo avaliado. A cor verde indica que o método se alinha ao princípio e a cor vermelha, ao contrário, aponta que o método não se alinha a um determinado princípio aplicável no caso.

4.3.

Matriz SWOT para avaliação estratégica de métodos analíticos

A análise *SWOT* é uma ferramenta largamente adotada em gestão e planejamento estratégico de organizações em geral, devido à sua simplicidade. A análise *SWOT* é um sistema simples para verificar a posição estratégica da empresa no ambiente socioprodutivo e regulatório em que atua.

A elaboração da matriz *SWOT* tem sido muito valorizada, pois permite à organização e aos seus decisores antecipar-se face às ameaças e às oportunidades emergentes, aperfeiçoando e reforçando as suas fraquezas e otimizando o emprego de suas forças.

A matriz *SWOT* oferece uma visão interna da organização relativamente ao seu posicionamento estratégico no ambiente em que atua e uma visão externa do mercado e das suas evoluções possíveis. A caracterização (ou antecipação da evolução) do ambiente interno e externo revela-se muito útil para definir estratégias e prioridades, assim como para decidir qual o melhor direcionamento a ser seguido de forma a atingir os propósitos almejados.

No campo da Química Analítica Verde, a utilização dessa ferramenta se mostrou particularmente útil na avaliação de preparações líquidas iônicas, conforme reportado por Deetlefs e Seddon (2010).

Segundo os autores, a concepção original da matriz *SWOT* pode ser adaptada para identificar as forças e fraquezas de um método analítico (atuais) e contrastá-las matricialmente com as oportunidades e ameaças atuais que poderão ser traduzidas em forças e fraquezas futuras, dependendo do posicionamento estratégico que foi definido com base na análise *SWOT*.

A Figura 4.7 mostra o esquema apresentado por Deetlefs e Seddon (2010) e um exemplo da matriz preenchida com os resultados da análise realizada para a preparação de líquidos iônicos derivados de 1-alquil-3-metilimidazólio e sua subsequente purificação , à luz dos princípios da Química Verde aplicáveis .

Forças [atuais]	Fraquezas [atuais]	Forças atuais	Fraquezas atuais
S	W	I. Metodologia consagrada II. Simples III. Útil para preparações em escala laboratorial V. Economia atômica elevada	I. Excesso de 1-haloalcano usado II. Baixo fator-E ² III. Não se adequa a procedimentos em larga escala IV. Geração de grandes volumes de resíduo
Oportunidades [forças potenciais- visão de futuro]	Ameaças [fraquezas potenciais- visão de futuro]	Oportunidades	Ameaças
O	T	i. Desenvolvimento de processos verdes ii. Eliminação/redução do uso de solventes orgânicos iii. Identificação de solventes verdes para substituição	i. Legislação REACH ³ ii. Aumento dos custos da matéria-prima

Figura 4.7 – Aplicação da análise *SWOT* para Química Analítica Verde

Fonte: Deetlefs e Seddon, 2010, p.20 e 22.

4.4.

Sistemática de avaliação integrada dos ‘perfis verdes’ de métodos analíticos

Para fins do desenvolvimento do estudo de caso, propõe-se uma sistemática integrada de avaliação dos ‘perfis verdes’ de métodos analíticos, inspirada fundamentalmente no esquema apresentado por Guardia e Garrigues (2011), conforme Figura 4.8, a seguir.

² Fator-E = Quantidade de resíduo produzido no processo (kg)
Quantidade desejável de produto produzido no processo

³ REACH = Registration, Evaluation, Authorisation & restriction of Chemicals. Regulação europeia sobre produtos químicos e a sua utilização segura (EC 1907/2007).

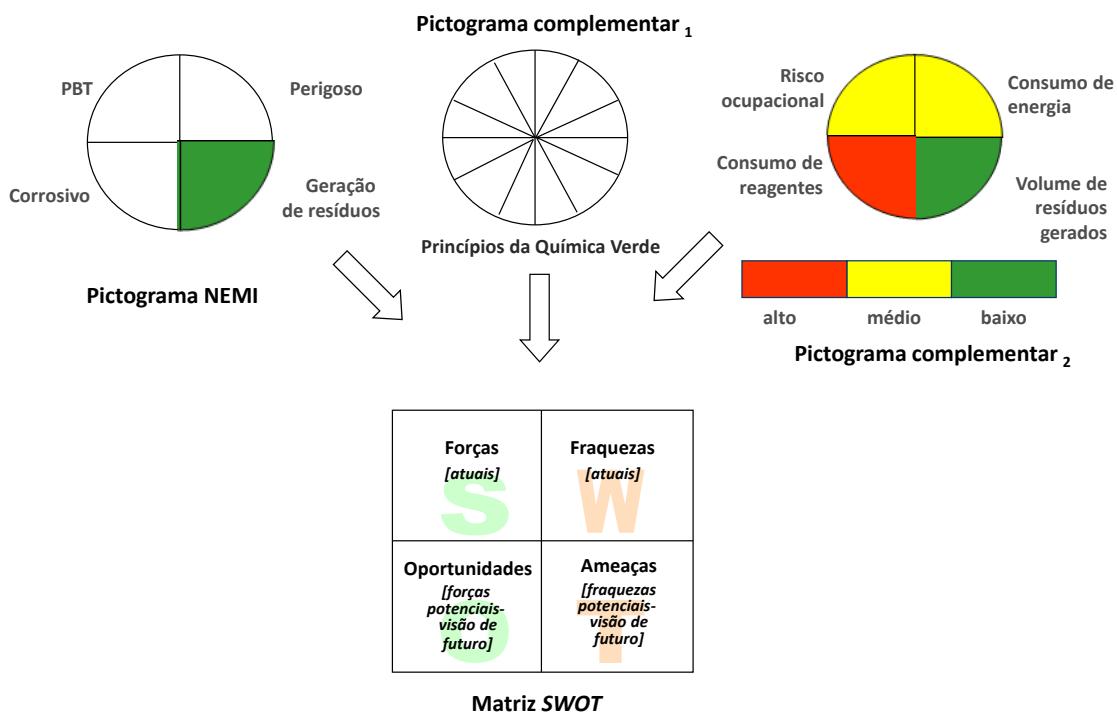


Figura 4.8 – Representação da sistemática integrada para avaliação do ‘perfil verde’ de um determinado método analítico

Fonte: Adaptação de Guardia e Garrigues, 2011.

A sistemática aqui proposta incorpora os conceitos e critérios apresentados nas seções anteriores e compreende as seguintes etapas:

- Identificação dos métodos analíticos empregados pela unidade organizacional;
- Consulta à base de dados *NEMI* para classificar os métodos em relação aos quatro critérios do ‘perfil verde’ proposto pelo *Green Chemistry Institute* (EUA), conforme Figura 4.2;
- Priorização, por consulta direta aos pesquisadores da unidade organizacional, dos métodos analíticos identificados na primeira etapa, utilizando-se as seguintes ferramentas: (i) pictograma de ‘perfil verde’, segundo *NEMI*; (ii) pictograma complementar₁ de alinhamento aos doze princípios da Química Verde’ (Figura 4.6); e (iii) pictograma complementar₂ representado na Figura 4.5.
- Construção da matriz *SWOT* para os métodos analíticos considerados ‘menos verdes’, visando identificar as forças e fraquezas associadas ao

método e oportunidades e ameaças, que poderão se transformar em forças e fraquezas no futuro (ilustrada na Figura 4.7);

- Consolidação da avaliação integrada dos métodos analíticos e elaboração de plano de ação para melhoria dos atuais ‘perfis verdes’, incluindo proposição de desenvolvimento de novos métodos analíticos verdes, quando aplicável.

4.5. Considerações finais sobre o capítulo

A Química Verde é uma promissora área de pesquisa dentro da Química Analítica. Já existem muitas técnicas verdes descritas na literatura e muitos métodos indexados no *NEMI*, como apresentado neste capítulo. No entanto, raramente esses métodos têm sido descritos de uma forma que realce suas características benéficas ao meio ambiente e à segurança individual do químico analista. Apesar do fato de que os métodos analíticos ‘mais verdes’ ainda não estão sendo usados amplamente, os ‘perfis verdes’ que integram a base de dados *NEMI* têm contribuído para que a comunidade científica em nível mundial possa identificar e desenvolver métodos mais verdes, na perspectiva de preservação ambiental e saúde ocupacional.

Para fins da presente pesquisa, foi fundamental conhecer as possibilidades e recursos oferecidos pela base de dados *NEMI* e as ferramentas apresentadas nos trabalhos de Keith et al. (2005; 2007), Deetlefs e Seddon (2010) e Guardia e Garrigues (2011) como suporte para o desenvolvimento dos instrumentos da pesquisa de campo e do estudo de caso propriamente dito. Assim, como ocorrido na classificação dos métodos para a construção da ferramenta *NEMI*, as práticas ministradas em maior escala pelo Laboratório de Química Geral do Departamento de Química deverão ser identificadas e caracterizadas, em uma primeira etapa, utilizando-se os mesmos critérios do ‘perfil verde’, definido pelo *Green Chemistry Institute*, em cooperação estreita com o *MDCB*.

Uma vez identificadas as práticas mais críticas – ‘menos verdes’, as próximas etapas incluem a construção dos pictogramas complementares (Figuras 4.6 e 4.7) e uso da ferramenta *SWOT*, visando consolidar a avaliação e definir, de forma robusta, estratégias alternativas para as práticas em questão.