

INVESTIGANDO AS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL AO SUPERIOR SOBRE ÁCIDOS E BASES

Investigating Students' Conceptions Of Basic Education To Higher Education On Acids And Bases

Angela Carine Moura Figueira [qmcfigueira@gmail.com]

João Batista Teixeira Rocha [jbtrocha@yahoo.com.br]

*Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Química, Campus UFSM nº 1000
Bairro Camobi, Prédio 18 Sala 2427, Santa Maria/RS CEP 97105900*

RESUMO

Esta investigação teve como objetivo diagnosticar as concepções alternativas ao conhecimento científico de estudantes de Ensino Fundamental, Médio e Superior sobre ácidos e bases. A pesquisa foi realizada entre 2008 e 2009 e aplicada a 26 alunos de Ensino Fundamental (nono ano), 36 de Ensino Médio (terceiro ano) e 51 do Curso de Licenciatura em Química (26 calouros e 25 formandos), totalizando 113 estudantes. O instrumento utilizado para a obtenção de dados foi essencialmente constituído por questões abertas onde os alunos explicitaram seus conceitos sobre ácidos e bases. Os resultados desse estudo mostraram que os estudantes, mesmo depois de receber o ensino formal sobre ácidos e bases, continuam a usar concepções simplistas sobre o tema, muitas vezes, concepções errôneas mesmo entre os estudantes formandos no curso de Licenciatura. Percebemos que, em geral, o modelo de Arrhenius predomina entre os estudantes, porém não se pode afirmar se estes realmente entendem os ácidos e as bases como partículas ou se apenas os percebem como meras palavras. Confusões entre as várias teorias sobre ácidos e bases foram frequentes. Isso nos leva a concluir que o ensino de conteúdos complexos durante o Ensino Fundamental e médio torna-se conflitante para o aluno, o que prejudica a apropriação de tais saberes. Em suma, pode-se inferir que esse inventário das concepções manifestadas pelos estudantes faz-se necessário para que essas concepções sejam divulgadas e, principalmente, discutidas com os professores de ciências. Sendo assim, esperamos contribuir para uma aprendizagem significativa, através da reflexão sobre as concepções prévias dos alunos. Estas são uma importante ferramenta para a proposição didática em sala de aula, visto a forte resistência dos estudantes a uma mudança conceitual.

PALAVRAS CHAVE: Concepções alternativas; ácidos e bases.

ABSTRACT

This research aimed in diagnosing alternative conceptions of scientific knowledge of students about acids and bases in Elementary, Middle and Upper Education. The survey was conducted between 2008 and 2009 and applied to 26 primary school students (ninth year), 36 high school (third year) and 51 undergraduate Chemistry students (26 registered in the first semester and 25 registered in the last semester) totaling 113 students. The instrument used for data collection was mainly made up of open questions where the students described their concepts of acids and bases. The overall results of this study showed that students, after receiving formal instruction on acids and bases continue to use simplistic views on the subject, we found misconceptions even among senior college students in the Degree Course in Chemistry. We realize that in general, the Arrhenius model prevails among the students, however, we can not affirm that students really understand acids and bases as particles or if they perceive these substances as mere words. Confusion between the various theories about acids and bases were very common here, which leads us to propose that the teaching of complexes contents for the primary and secondary education become conflicting for the student, which does not contribute their appropriation of such type of knowledge. In short, we can infer that this inventory of alternative conceptions expressed by students for the contents acids and bases is necessary in view of the importance of these concepts. Therefore, we expect to support a reflection on students' previous conceptions in order increase the effectiveness of teaching these complexes subjects. Indeed, knowledge of the previous conceptions are important tool for the proposition of didactic classroom practices, particularly in view of the strong resistance to a conceptual change that students present.

KEY WORDS: *Alternative Conceptions; acids and bases.*

INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, foi publicado um grande número de estudos preocupando-se com as ideias dos estudantes em relação aos mais diversos conceitos científicos aprendidos nas escolas. Essas pesquisas surgiram em contraposição às realizadas por Piaget e colaboradores, as quais não se preocupavam com o que os estudantes já sabiam sobre os assuntos estudados. Segundo Driver & Easley (1978), a excessiva ênfase no desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes teria levado Piaget a não dar importância à rica variedade de ideias das crianças. Isso levou os autores a sugerirem que "poderia ser útil a realização de uma série de replicações dos estudos que focalizassem mais o conteúdo atual das ideias dos alunos e menos as estruturas lógicas subjacentes" (DRIVER & EASLEY, 1978).

Os estudos realizados sob essa perspectiva revelaram que as ideias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema, muito estáveis e resistentes à mudança, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários (VIENNOT, 1979).

O conhecimento sobre os ácidos e bases é de fundamental importância para a formação de conceitos em Química e em Biologia, já que grande parte das reações que ocorrem em nosso organismo, inclusive aquelas que mantêm o equilíbrio químico do sangue, apresentam características de reações ácido base. Assim, os ácidos e as bases estão presentes em alimentos, medicamentos, materiais de limpeza e muitos outros materiais utilizados em nosso cotidiano. As palavras: "ácido"; "base" e "neutro" são usadas em nosso dia a dia para indicar as características de alguns materiais. Quando ouvimos alguém dizer que uma fruta é mais ou menos ácida que a outra, ou que determinado sabão é neutro, entendemos o que se quer dizer. Entretanto, do ponto de vista da Química, ser ácido, básico ou neutro não são atribuições de um determinado material. Uma determinada substância é considerada ácida ou básica de acordo com as possíveis reações ou interações que faz com outras substâncias.

Apesar de termos um constante contato com ácidos e bases em nosso cotidiano, muitas vezes não temos um claro entendimento sobre o assunto, ou trazemos visões distorcidas (se compararmos ao cientificamente aceito). Isso acaba por se tornar uma barreira, pois tais concepções tornam-se uma forma diferente de entender os conceitos de química que são apresentados pelos livros didáticos e pelos professores. Dessa forma, por considerar importante o conhecimento de tais concepções para que possamos confrontá-las com o conhecimento científico é que apresentamos o presente trabalho. O nosso intuito é poder auxiliar os professores de Ciências e Química no reconhecimento das ideias prévias dos estudantes sobre ácidos e bases para que possam ser utilizadas como ferramenta para melhorar o ensino desses conteúdos em sala de aula.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Concepções alternativas

De acordo com Nardi e Gatti (2005), algumas das primeiras pesquisas em educação sobre as ideias prévias dos estudantes em relação aos fenômenos da natureza são creditadas à Doran (1972), Viennot (1979), Watts e Zylbertajn (1981) e Driver (1986). Esses estudos foram realizados na área de mecânica e mostraram que existem padrões de respostas a várias situações físicas em contradição com o conhecimento científico, tornando-se um obstáculo à sua assimilação. Além disto, esses estudos demonstraram que essas concepções podem persistir após anos de instrução, sendo encontradas inclusive entre professores em exercício.

No início, essas noções receberam nomes variados, tais como ideias intuitivas (DRIVER, 1986), pré-concepções (GIL PÉREZ, 1986; FREITAS; DUARTE, 1990), ideias prévias (GIL PÉREZ, 1986; DRIVER, 1988), pré-conceitos (NOVAK, 1977; ANDERSSON, 1986), erros conceituais (LINKE; VENZ, 1979), conhecimentos prévios (POZO, 1998) e, por fim, concepções alternativas (SANTOS, 1998). Algumas dessas denominações podem levar a uma ideia de um conhecimento incompleto e errôneo que precisa ser modificado, enquanto o

termo concepções alternativas (utilizado neste trabalho) sugere que estas têm toda uma estrutura lógica e são tão úteis para interpretar os fenômenos quanto as concepções científicas.

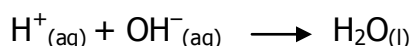
As concepções acerca do mundo são construídas pelos alunos a partir do seu nascimento e os acompanham também em sala de aula, onde os conceitos científicos deveriam ser inseridos sistematicamente no processo de ensino e aprendizagem. Essas concepções carregam uma conotação simplista de interpretação dos fenômenos ou preceitos científicos. Na visão de Pozo (1998), tais concepções são caracterizadas como construções pessoais dos alunos, elaboradas de forma espontânea através da interação desses alunos com o meio ambiente em que vivem e com as outras pessoas. Para o autor, a utilização das concepções alternativas em sala de aula poderia ajudar a organizar e dar sentido às diversas situações de ensino e aos conteúdos a serem ministrados.

Por ser o sujeito parte atuante e essencial no processo de construção do conhecimento é que se deve considerar sua visão acerca do mundo, pois é ele o alvo de interesse nesse processo. Sem sua participação efetiva, a construção dos conceitos não acontece, portanto, não ocorre aprendizagem, mas somente uma tentativa de transmissão de conhecimentos que se apresentam desvinculados da realidade cognitiva do estudante.

Teorias Ácido-base

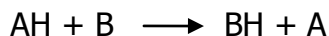
O comportamento ácido base é conhecido de longa data. Os termos "ácido" e "sal" datam da Antiguidade; "álcali", da Idade Média e "base", do século XVIII. Já no século XVII Boyle começou a estudar os indicadores, inclusive o corante vermelho extraído do pau-brasil. Porém o uso dos indicadores em titulações data do século XVIII. As *teorias ácido base*, ou seja, as teorias que procuram explicar o comportamento dessas substâncias baseando-se em algum princípio mais geral, são também bastante antigas. Cronologicamente, as mais importantes para este estudo são as teorias de Arrhenius (1887), protônica (1923) e eletrônica (1923), escolhidas aqui por serem aquelas estudadas tanto no Ensino Fundamental e Médio quanto em cursos superiores de Química.

A Teoria de Arrhenius foi apresentada, em 1887, pelo químico sueco Svante Arrhenius como parte de sua teoria da dissociação eletrolítica. Segundo essa teoria, ácido é toda substância que, em água, produz íons H^+ , e base é aquela que produz OH^- . A neutralização seria a reação entre essas duas espécies iônicas, produzindo água:

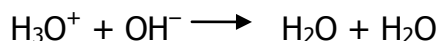
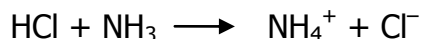


Essa teoria foi muito importante, pois além de dar conta de um grande número de fenômenos já conhecidos, estimulou o desenvolvimento de várias linhas de pesquisa, inclusive contribuindo para estabelecer as bases científicas da química analítica. Todavia, a teoria mostrou-se restrita ao meio aquoso e, em alguns casos, foi possível estendê-la a outros solventes; mas, em sistemas sólidos, não havia possibilidade de aplicá-la.

A Teoria Protônica foi proposta em 1923, independentemente, por G. Lewis (EUA), T. Lowry (Inglaterra) e J. Brønsted (Dinamarca). O último foi um dos mais contribuiu para o desenvolvimento da mesma. Segundo essa teoria, ácido é um doador de prótons (seria o mesmo que o íon H^+ , o núcleo do hidrogênio, porém essa definição ajuda a diferenciar a teoria da de Arrhenius) e base, um receptor de prótons. A reação de neutralização seria uma transferência de prótons entre um ácido e uma base.



Exemplos:



Em 1923, influenciado pela sua teoria do par eletrônico para explicar as ligações químicas, G.N. Lewis propôs uma teoria ácido base (denominada Teoria Eletrônica). Considerava que ácido (A) é toda espécie química capaz de receber um par eletrônico e que base (B) é aquela capaz de doar um par eletrônico (representado por :).

De maneira geral:



O composto A:B recebe nomes diversos, conforme a circunstância: aduto, sal, complexo, complexo ácido base, complexo doador-aceitador, etc. Exemplos de reações de neutralização são todas as reações já citadas e outras como a seguinte:



Essa reação e muitas outras semelhantes; que não haviam sido englobadas pelas teorias anteriores, passaram então a ser consideradas reações ácido base. Essa teoria foi aplicada inicialmente no estudo de reações orgânicas e na química de coordenação. Apesar de ser uma teoria mais abrangente, acabou ficando restrita ao estudo dos mecanismos de reações orgânicas e à química de coordenação, não figurando em textos mais gerais ou introdutórios.

Em 1938, Lewis retornou ao tema ácido base, especificando os critérios fenomenológicos (ou macroscópicos) para esse comportamento:

- A reação entre um ácido e uma base (neutralização) é rápida.
- Um ácido (ou uma base) pode deslocar de seus compostos um ácido (ou uma base) mais fraco(a).
- Ácidos e bases podem ser titulados um com o outro por meio de indicadores.
- Ácidos e bases são capazes de atuar como catalisadores.

Esses critérios são uma síntese brilhante do comportamento ácido base e Lewis une essas observações fenomenológicas com a interpretação molecular (microscópica). Depois disso, sua teoria passou a ser vista, em sua

generalidade, como uma teoria unificadora, saindo dos contextos restritos em que estava antes.

MÉTODOS E RESULTADOS

Para a realização da pesquisa, optou-se por uma abordagem qualitativa, porque, sendo ela interpretativa e subjetiva, responde melhor às questões sobre o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, a pesquisa qualitativa não se preocupa diretamente com a generalização dos fatos estudados e nem com a representatividade estatística da amostragem, fatores não prioritários quando se faz análise de concepções de um dado grupo. Ludke e André (1986) caracterizam a pesquisa qualitativa ao afirmarem que

A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados num processo de baixo para cima.

A pesquisa foi realizada em uma escola de Ensino Fundamental (26 alunos de nono ano), uma de Ensino Médio (36 alunos de terceiro ano) e em uma Universidade Federal (26 alunos de primeiro semestre do Curso de Licenciatura em Química e 25 do último semestre do mesmo curso), no Estado do Rio Grande do Sul, em 2008 e 2009. A princípio, todos os alunos já deveriam ter estudado o conteúdo ácidos e bases. Com o objetivo de conhecer as concepções alternativas dos estudantes sobre ácidos e bases, foi aplicado o seguinte questionário contendo quatro perguntas abertas:

- O que você entende por ácido?
- O que você entende por base?
- O que os ácidos têm a ver com sua vida?
- O que as bases têm a ver com sua vida?

Após a coleta dos dados, partiu-se para a análise destes, utilizando-se a técnica da Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977). Na análise, buscou-se primeiramente a organização dos dados extraídos das respostas dos alunos, agrupando-os em categorias emergentes significativas (PACCA & VILLANI, 1990). Todas as informações dadas pelos estudantes foram consideradas, sem classificá-las como certas ou erradas (LÜDKE, 1983).

Apresentamos, a seguir, os gráficos com as respostas dos alunos a fim de comparar as concepções alternativas dos estudantes em diferentes níveis de ensino, desde o Ensino Fundamental até o último semestre do Curso de Licenciatura em Química. Neste estudo, não foi pedido ao aluno que se identificasse; sendo assim, a transcrição das respostas será seguida de um código contendo letras e números, por exemplo:

A 1 – F: Aluno 1 – Ensino Fundamental

A 3 – M: Aluno 3 - Ensino Médio

A 20 – Q/C: Aluno 20 – Química Licenciatura/Calouros

A 23 – Q/F: Aluno 23 – Química Licenciatura/Formandos

Resultados e Discussão para a Questão 1- O que você entende por ácido?

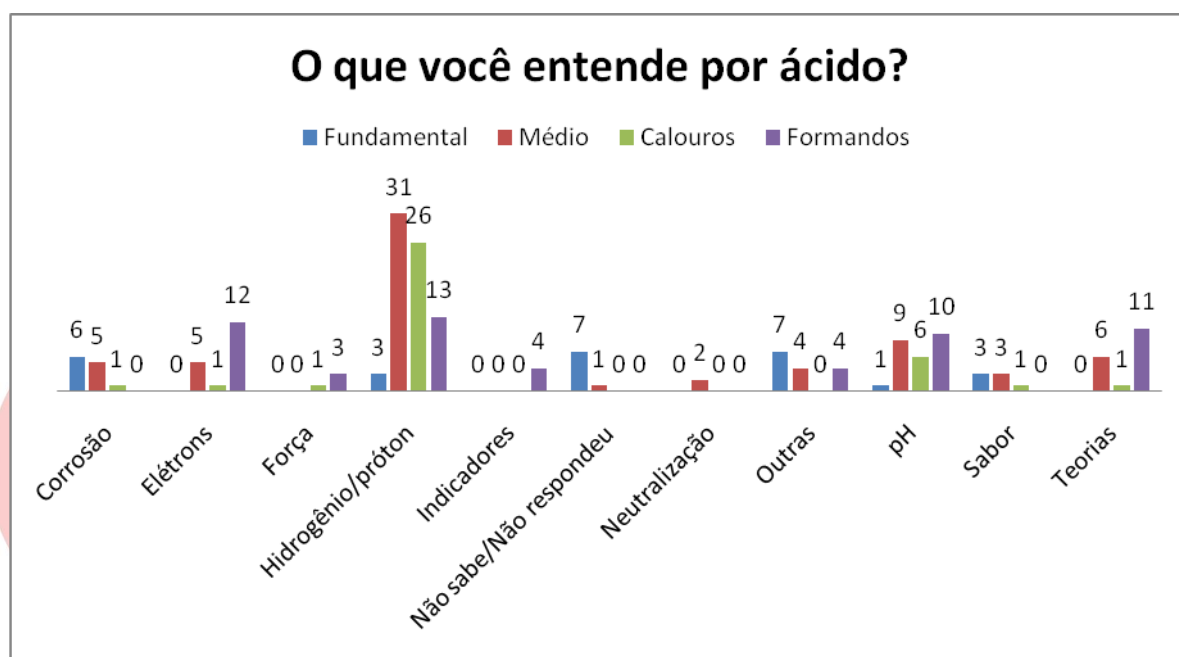


Figura 1: Comparação entre as respostas à questão 1- O que você entende por ácido?

A partir da análise das respostas dos estudantes, emergiram 11 categorias. Nas categorias *corrosão* e *sabor*, agrupamos, obviamente, as respostas relacionadas ao poder corrosivo e ao sabor característico dos ácidos, por exemplo:

“São líquidos que corroem e geralmente são azedos.” (A 21- F)

“São compostos que em presença de água liberam H^+ . Possuem gosto; são corrosivos, uns mais, outros menos.” (A 29-M)

“Ácidos são substâncias químicas compostas por H^+ , os quais podem ser fortes ou fracos, com poder de corrosão.” (A 8- Q/C)

Percebe-se que ao longo dos anos escolares, parte dos alunos deixa de relacionar os ácidos às suas características mais simples e passam a usar

conceitos um pouco mais elaborados, o que não significa que haja um entendimento de tais conceitos de forma completa. Um bom exemplo, neste caso, é o da categoria corrosão. Houve 6 citações a ela no Ensino Fundamental; número que diminuiu para 5 (Ensino Médio), depois 1 (calouros), até não haver nenhuma entre os alunos formandos.

A categoria *elétrons* agrupa as respostas relacionadas à transferência de elétrons entre ácidos e bases em uma reação química:

"São substâncias que doam elétrons em uma reação." (A 14 – M)

"São substâncias capazes de receber um par de elétrons." (A 5 –Q/C)

"Substâncias que em solução aquosa se dissociam, liberando H_3O^+ ; são espécies receptoras de par de elétrons." (A 18- Q/F)

Nota-se um erro conceitual em uma das respostas acima ("*São substâncias que doam elétrons em uma reação.*"), o que pode indicar que a relação feita pelos os alunos entre transferência de elétrons e acidez seja apenas uma mera repetição do discurso do professor ou do livro didático. A simples memorização e repetição dos conteúdos vistos em sala de aula é algo muito comum em todos os níveis de ensino. Isto resulta (no caso do ensino de Química) na visão das fórmulas químicas como meras palavras, o que fica bastante evidente na categoria *hidrogênio/próton*, onde se verifica respostas como as seguintes:

"São substâncias que contém H em sua fórmula. Os ácidos liberam H^+ em meio aquoso." (A 13 - Q/C)

Outras respostas nessa mesma categoria demonstram o uso de diferentes termos para designar a relação entre hidrogênio (também se percebe uma dificuldade em diferenciar hidrogênio e próton) e acidez:

"Ex: ácido sulfúrico, em H^+ nas fórmulas." (A 9 – F)

"É um átomo que tem H^+ ." (A12 – F)

"Ácidos é uma função da química inorgânica, possuem o H^+ como radical funcional e apresenta caráter corrosivo. Apresenta $\text{pH} < 7$." (A 2 – M)

"Substância que quando colocada em água se ioniza, liberando H^+ ." A 17 – M

"Substâncias que fornecem prótons (H^+)." (A 1 – Q/C)

"É um composto com H^+ na composição da molécula e tende a doar um próton. Ex: HCl ." (A 3 – Q/C)

"São espécies que em solução aquosa se dissociam, liberando H_3O^+ ; são espécies receptoras de par de elétrons." (A 18 – Q/F)

Aqui, cabe citar o estudo realizado por Ross e Munby (1991) com alunos de 17 anos. Ele mostrou que a noção de “um ácido conter íons de hidrogênio” era razoavelmente bem conhecida. Ainda que essa interpretação possa estar correta, existe a possibilidade de que os estudantes estivessem considerando essas reações apenas do ponto de vista da simbologia, do uso de palavras. De fato, mesmo que os alunos “saibam” que os ácidos “contenham íons de hidrogênio”, o comportamento químico dos ácidos parece ser difícil de ser explicado pelos estudantes.

As respostas presentes na categoria *força* são aquelas que se referem à classificação dos ácidos enquanto fortes, fracos ou moderados, como por exemplo:

“Existem ácidos fortes e ácidos fracos. Os fortes tendem a se dissociar facilmente, já os fracos tendem a se dissociar menos em solução aquosa.” (A 17 – Q/F)

Aqui, como em outras categorias, imagina-se que as respostas sejam fruto de memorização, pois os alunos não sabem, em seu cotidiano, diferenciar um ácido forte de um ácido fraco e muito menos saberiam utilizar-se de cálculos para caracterização de tais ácidos. Segundo Tito & Canto (2002) ácidos fortes e fracos diferenciam-se segundo o grau de ionização (α), onde α indica a porcentagem de moléculas do ácido dissolvidas na água que sofrem ionização.

Na categoria *indicadores*, incluem-se as respostas relacionadas ao uso de indicadores (naturais ou sintéticos) para a identificação dos ácidos. É exemplo dessa categoria a seguinte resposta:

“Todo composto capaz de doar um H^+ ou receber um par de elétrons. Deixa o papel tornassol e os antocianinos vermelhos. Normalmente com gosto azedo.” (A 10 Q/F)

Um dado interessante é a baixa incidência de citações sobre o uso de indicadores, sendo que esse aspecto é amplamente abordado em livros didáticos de ensino Fundamental e Médio, além de ser muito utilizado nas aulas práticas dos cursos de Química.

Em *neutralização* agruparam-se as respostas que demonstram poder os ácidos ser neutralizados por substâncias básicas. Exemplo:

“São compostos que possuem em sua fórmula o H^+ e que é neutralizado por uma base (OH) e que forma como produto sal e água.” (A 11 – M)

A categoria *pH* traz as respostas que caracterizam os ácidos como substâncias com pH menor do que sete:

"Uma coisa com baixo pH." (A 26 – F)

"Ácidos são substâncias que possuem o hidrônio (H^+), e tem pH menor que 7,0." (A 17 – Q/C)

"São substâncias capazes de liberar H^+ em solução aquosa. Possuem pH entre 1 e 6, pois o pH 7 já é neutro." (A 4 – Q/F)

"Substâncias com o pH entre 0 e 6,9 na escala de pH que segundo Arrhenius em solução aquosa libera H^+ ." (A 15 – Q/F)

Segundo Feltre (2005), para medirmos a acidez ou basicidade de uma solução aquosa, usamos uma escala denominada escala de pH, que varia de zero (soluções muito ácidas) até 14 (soluções muito básicas); o valor de $pH=7$ indica uma solução neutra (nem ácida nem básica). Sendo assim, percebe-se, nessa categoria, um grave erro conceitual, mesmo entre os formandos de Química, onde não há um claro entendimento de que todos os valores de pH abaixo de 7 caracterizam as substâncias ácidas. Um exemplo desse erro é a resposta "*São substâncias capazes de liberar H^+ em solução aquosa. Possuem pH entre 1 e 6, pois o pH 7 já é neutro*". Sendo assim, caso seguissemos esse raciocínio, uma substância com pH 6,5, por exemplo, não poderia ser classificada como ácida ou básica. Aqui se apresenta claramente uma situação em que o conhecimento das concepções prévias dos estudantes por parte dos professores se faz fundamental.

Na categoria *teorias*, encontram-se respostas que se utilizam das Teorias Ácido Base para explicar o significado dos ácidos, por exemplo:

"Bronsted-Lowry: molécula que pode doar um próton." (A 19 – M)

"Substâncias com o pH entre 0 e 6,9 na escala de pH que segundo Arrhenius em solução aquosa libera H^+ ." (A 15 – Q/F)

"São substâncias que quando dissociadas, liberam íons H^+ , segundo Arrhenius. Possuem pH abaixo de 7,0. Segundo Bronsted, os ácidos são substâncias que liberam prótons, e Lewis afirmou que, se eles liberam prótons, então recebem elétrons." (A 20 – Q/F)

"Possuem sabor azedo. Segundo Arrhenius, ácido é a substância que em água libera como cátion o íon H^+ e outras teorias como de Bronsted-Lowry e Lewis levam a teoria a uma amplitude maior, não somente ao meio aquoso." (A 23 – Q/F)

Em cursos avançados de Química, os ácidos e as bases são redefinidos sob o olhar da teoria de Brønsted-Lowry como "doadores" e "aceptores", abandonando as definições de Arrhenius de que um ácido é uma substância que cede íons de hidrogênio e de que uma base produz íons hidróxidos em solução. Além disso, a primeira teoria, diferentemente da segunda, aplica-se não apenas ao meio aquoso. Hand (1989) sugere que a apresentação dessa nova teoria confunde os alunos. Wawkes (1992) sustenta essa afirmação, dizendo: "*É intrínseco da*

natureza humana aceitar as primeiras coisas que nos dizem, sendo difícil renunciar ou mudar essas ideias."

Há também, além da categoria *não sabe/não respondeu*, a categoria denominada *outras*, que engloba respostas difusas, como as apresentadas a seguir:

"É um tipo de gás que sai quando descascamos a laranja." (A 6 - F)

"Tem o grupo carboxila (COOH)." (A 33 - M)

"... tem orbitais livres." (A 20 - Q/F)

"...E em solução aquosa possuem também a capacidade de conduzir corrente elétrica." (A 1 - Q/F)

Resultados e Discussão para a Questão 2- O que você entende por base?

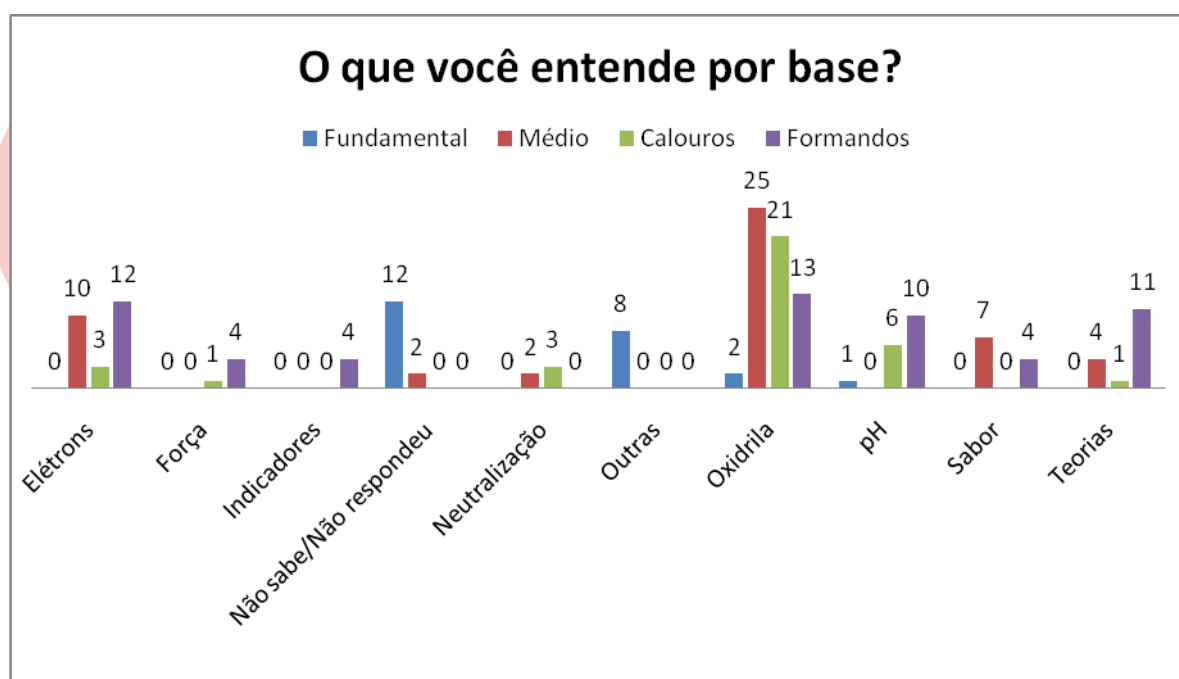


Figura 2: Comparação entre as respostas à questão 2- O que você entende por base?

As respostas à questão 2 (O que você entende por base?) deram origem a 10 categorias de respostas.

Na categoria *sabor*, agrupamos as respostas referentes ao "sabor das bases"; por exemplo:

"Substâncias com sabor adstringente que apresentam o radical hidroxila como parte negativa de sua estrutura." (A 3 - M)

"Bases são substâncias que recebem hidrogênio e doam elétrons. As bases dão um sabor adstringente aos alimentos. Ex: Caqui verde." (A 19 – M)

Na categoria *pH*, estão todas as respostas em que as bases são classificadas segundo a escala de pH, por exemplo:

"Uma coisa com alto pH." (A 26 – F)

"Tem o grupo hidroxila (OH). O pH varia de 7 a 14." (A 33 – M)

"São substâncias com pH alto." (A 9 – M)

"Soluções que liberam OH⁻, que tem pH de 8 a 14." (A 4 – Q/C)

"São substâncias com pH acima de 7." (A 25 – Q/C)

"São substâncias capazes de liberar OH⁻ (hidroxila) em soluções aquosas. As bases estão na faixa de pH de 8 a 14." (A 3 – Q/F)

A categoria *neutralização*, refere-se às respostas que citam a neutralização das bases por ácidos. São exemplos nessa categoria as seguintes respostas:

"São compostos que possuem em sua fórmula o OH e que é neutralizado por um ácido e que forma como produto sal e água. Ex: leite de magnésia." (A 11 – M)

"Uma substância que produz íons hidróxido (OH⁻). Neutraliza os ácidos." (A 10 – Q/C)

A categoria *força* agrupa aquelas respostas que caracterizam as bases como fortes ou fracas. Por exemplo:

"Bases são substâncias químicas compostas por OH⁻, são usadas para neutralizar os ácidos e podem ser fortes ou fracas." (A 8 – Q/C)

"Como nos ácidos dependendo da teoria terão definições diferentes mas em geral são substâncias doadoras de elétrons (OH⁻). pH >7; Bases fortes: NaOH, KOH." (A 22 – Q/F)

"Bases são substâncias que apresentam pH acima de 7 até 14. Essas substâncias também são classificadas em bases fortes e fracas de acordo com sua dissociação." (A 17 – Q/F)

Na categoria *elétrons*, encontram-se as respostas que relacionam o comportamento básico aos elétrons envolvidos nas reações:

"Por sua vez, as bases recebem elétrons nas reações." (A 14 – M)

"Bases são substâncias que recebem elétrons." (A 20 – M)

"Substâncias que possuem o íon OH^- em sua composição sendo capazes de doar elétrons." (A 18 – M)

"Toda substância que receba elétrons." (A 21 – M)

"Substâncias que recebem elétrons em uma reação." (A 6 – Q/C)

"São substâncias que produzem OH^- . Capazes de doar um par de elétrons." (A 5 – Q/C)

"Compostos com capacidade de retirar pares de elétrons." (A 25 – Q/F)

"São espécies doadoras de elétrons em solução aquosa." (A 20 – Q/F)

Nessa categoria verificamos vários erros conceituais, provavelmente advindos da confusão causada pela apresentação das várias teorias ácido base praticamente ao mesmo tempo, o que gera a utilização de termos próprios de uma teoria para exemplificar ou ensinar outra.

Em *indicadores*, agrupamos as respostas que citam o uso de indicadores ácido base para a caracterização das bases:

"Segundo Arrhenius liberam em meio aquoso o ânion OH^- . Tornam a solução de fenolftaleína rosa. São adstringentes." (A 7 – Q/F)

"Substâncias que em solução tendem a receber próton ou doar OH^- . Em fenolftaleína tendem à cor violeta (púrpura)." (A 5 – Q/F)

"Compostos capazes de doar OH^- ou um par de elétrons. Deixa o papel tornassol azul, as antocianinas verde até amarelo. Sabor adstringente." (A 10 – Q/F)

"Base é a substância capaz de doar um par de elétrons ou um OH^- . No papel indicador tornassol adquire uma cor azul. Tem gosto adstringente." (A 6 – Q/F)

Assim como na questão 1, aqui a citação dos indicadores ácido base tem uma baixa incidência, ainda que o assunto seja bastante abordado nos livros didáticos.

A categoria denominada *OH* agrupa as respostas que relacionam as bases à oxidrila (OH^-):

"Tem o OH^+ nas fórmulas." (A 18 – F)

"Bases são compostos que contem "OH", não me lembro de quase nada." (A 5 – M)

"Substâncias com sabor adstringente que apresentam o radical hidroxila como parte negativa de sua estrutura." (A 3 – M)

"Bases são aquelas moléculas que tem OH na fórmula." (A 26 – M)

"Tem o grupo OH na cadeia e tem facilidade de doar elétrons." (A 27 – M)

"Tem o OH em sua fórmula. As bases liberam OH⁻ em meio aquoso." (A 13 – Q/C)

"Compostos com íons OH⁻, tem pH entre 8 a 14." (A 7 – Q/C)

"É um composto com OH⁻ na composição da molécula e tende a receber um próton. Ex: NaOH." (A 3 – Q/C)

"Tem OH na fórmula. Doa par de elétrons (tem par de elétrons disponível)." (A 19 – Q/F)

O fato de os alunos relacionarem as bases à oxidrila (OH) não nos traz estranheza, porém aqui, muitas vezes o aluno faz uso de termos incoerentes como "cadeia", "radical" ou "grupo funcional".

A categoria *teorias*, engloba respostas em que os alunos se baseiam em teorias ácido base numa tentativa de explicação:

"As bases são substâncias que de acordo com Lewis ganham H⁺." (A 25 – M)

"As bases são os elementos que atraem hidrogênios para si, segundo Lewis." (A 24 – M)

"Bases são compostos que na presença de água se dissociam liberando OH⁻, segundo Arrhenius." (A 15 – M)

"Bronsted-Lowry: Molécula que pode receber um próton." (A 19 – M)

"Arrhenius, bases produzem íons OH⁻ em solução aquosa. Bronsted-Lowry= recebem o próton H⁺. Lewis=doa pares eletrônicos." (A 18 Q/C)

"Bases de acordo com a teoria de Lewis possuem a capacidade de receber pares de elétrons. Igualmente aos ácidos em solução aquosa também conduzem corrente elétrica. Possuem sabor adstringente." (A 1 – Q/F)

"Arrhenius: são substâncias que liberam OH⁻. Bronsted-Lowry: são substâncias que recebe prótons. Lewis: são substâncias que liberam elétrons. Apresentam pH maior do que 7." (A 2 – Q/F)

"É todo composto que dissolvido em água origina OH⁻ como único ânion (Arrhenius). Segundo Lewis, bases doam par de elétrons. Segundo Bronsted bases recebem prótons." (A 9 – Q/F)

Na categoria *outras*, temos respostas como as seguintes:

"É o que libera mais de dois íons." (A 13 – F)

“Envolvendo dois átomos de hidrogênio.” (A 24 – F)

“É o tipo de esmalte incolor usado para pintar as unhas.” (A 6 – F)

“Bases são todas as substâncias que são necessárias para se ter um elemento.” (A 4 – F)

É importante frisar que, embora em pequeno número, houve respostas em que o termo “base” é entendido como sinônimo de “suporte”, “sustentação” ou “início”. Sendo assim, é importante que o professor faça essa distinção durante a aula.

No total, 14 alunos representam a categoria não sabe/não respondeu, enquanto, na pergunta “o que você entende por ácido”, a mesma categoria foi representada por 7 estudantes. Isso evidencia que os conhecimentos sobre as bases são menos difundidos do que os sobre ácidos, fato também detectado por Cros et al (1986, 1988), que ao analisar conceitos de estudantes de ciências de universidades francesas sobre ácidos e bases, chegaram à conclusão de que o conceito de bases era muito menos desenvolvido do que o conceito de ácidos.

Resultados e Discussão para a Questão 3- O que os ácidos têm a ver com sua vida?

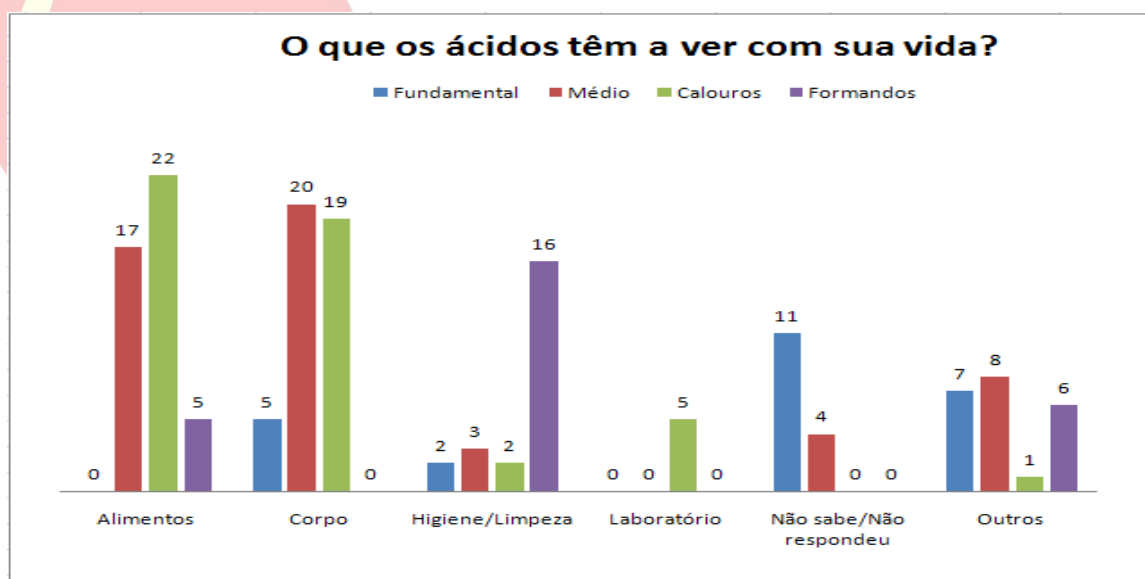


Figura 3: Comparação entre as respostas à questão 3- O que os ácidos têm a ver com sua vida?

Das respostas referentes à questão 3 (O que os ácidos têm a ver com sua vida?), emergiram 6 categorias. A primeira, denominada *alimentos* representa as respostas dos estudantes que consideram que os ácidos estão presentes em sua alimentação:

“Estão presentes no alimentos (limão).” (A 7 – M)

"Estão presentes na vida diária, na alimentação com sabores cítricos, como o limão, vinagre..." (A 8- M)

"Tem a ver muito com a minha alimentação, como exemplo vinagre e o ácido cítrico das frutas." (A 10 – Q/C)

"Estão presentes em nosso dia a dia, nas coisas mais simples como por exemplo desde temperar saladas, onde usamos o vinagre (ácido), em nosso organismo eles também estão presentes." (A 5 – Q/C)

"No cotidiano estão presentes na nossa alimentação (sucos, vinagre, cerveja, refrigerante...). Também são fundamentais na digestão (estômago HCl)." (A 18 – Q/C)

"Estão presentes na alimentação. Se encontram no limão, vinagre..." (A 8 – Q/F)

Para a categoria *corpo* há os seguintes exemplos:

"Na minha barriga existe o suco gástrico, ele serve para digerir o alimento." (A 3 – F)

"No nosso organismo, para digestão dos alimentos." (A 22 – F)

"Nosso corpo apresenta o HCl no estômago. Além de serem utilizados em reações para formação de sais." (A 10 – M)

"Alguns ácidos estão presentes no nosso organismo, como o ácido clorídrico presente no estômago, também estão presentes nos alimentos e materiais de limpeza." (A 24 – M)

"Os ácidos fazem parte até mesmo do nosso corpo humano pois nós os ingerimos, além de já fazer parte do nosso organismo." (A 21 – Q/C)

"Os ácidos estão presentes em nossos alimentos e até no nosso estômago." (A 2 – Q/C)

A ideia de que os ácidos estão presentes em nosso organismo é bastante difundida nos livros didáticos, os quais em sua maioria citam o ácido clorídrico presente no estômago, porém, muitas vezes, eles não trazem a informação de que a digestão dos alimentos não é devida somente ao HCl, mas sim ao suco gástrico como um todo.

A categoria *higiene/limpeza* é bastante significativa, tendo sido citada, em todos os níveis de ensino, por vários alunos. São exemplos dessa categoria as seguintes respostas:

"Para limpeza, dissolução dos alimentos." (A 14 – F)

"Os ácidos ajudam em limpeza, desentupimentos, no corpo humano, baterias de automóveis." (A 12 – M)

"A importância dos ácidos é muito grande pois eles estão presentes em várias reações no organismo humano, e também em medicamentos, produtos de limpeza, etc." (A 20 – Q/C)

"Catalizam alguma reação. São usados em produtos de limpeza. Alguns oxidam a matéria orgânica." (A 19 – Q/F)

"Os ácidos estão presentes em nossa vida, nos alimentos, nos materiais de limpeza, em procedimentos cirúrgicos." (A 25 – Q/C)

Na categoria *laboratório* agrupamos as respostas dos estudantes que citam o uso dos ácidos durante as aulas de química, principalmente em aulas no laboratório. Por exemplo:

"Assim como sou acadêmica do curso de Química, sei que nossa vida está rodeada de química inclusive ácidos." (A 26 – Q/C)

"Tem a ver com o meu dia a dia no laboratório, com a nossa alimentação." (A 19 – Q/C)

"Na minha vida tem contato diariamente em casa, nos alimentos que contém vinagre, entre outros. Além disso no meu curso também (no laboratório)." (A 15 e Q/C)

A categoria *outros* apresenta variadas respostas, tais como:

"Ele está presente no oxigênio." (A 4 – F)

"Quando pega nos olhos causa ardência." (A 6 – F)

"Não sei, mas acho que eles estão presentes nos mínimos detalhes." (A 23 – F)

"Não sei, os cadernos não sofrem reações enquanto estudo e não faço a comida, logo não mexo em muitas coisas com química." (A 25 – F)

"Os ácidos estão presentes em muitas coisas, dentre elas baterias de automóveis." (A 3 – M)

"Mesmo sem saber nós provavelmente usamos frequentemente os ácidos no dia a dia. Vários produtos são constituídos de ácido, no entanto as pessoas não possuem essas informações." (A 32 – M)

De um modo geral, as respostas apresentadas aqui são bastante coerentes com o que se estuda na escola, onde a maioria dos professores frisa a importância dos ácidos principalmente nos alimentos, na digestão, na limpeza etc. Para finalizar a questão 3, há a categoria *não sabe/não respondeu* com um total de 15 alunos.

Resultados e Discussão para a Questão 4- O que as bases têm a ver com sua vida?

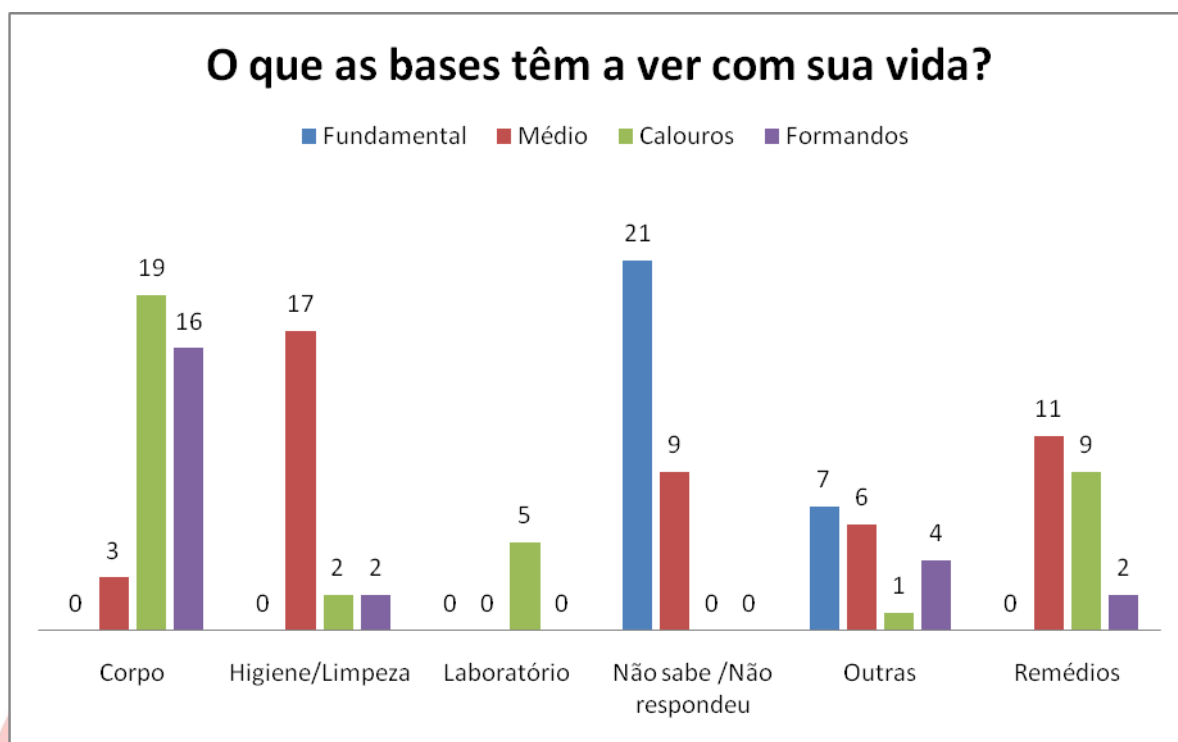


Figura 4: Comparação entre as respostas à questão 4- O que as bases têm a ver com sua vida?

Para a pergunta 4 (O que as bases têm a ver com sua vida?), obtivemos 6 categorias deduzidas das respostas dos alunos. Na primeira categoria, *corpo*, agrupamos as respostas que demonstram que as bases podem ser encontradas no corpo humano:

"Bases também são essenciais para o funcionamento de nosso organismo e para tarefas corriqueiras." (A 15 – M)

"Estão presentes em nosso organismo para neutralizar o pH do estômago." (A 6 – Q/F)

"Igualmente aos ácidos a presença das bases é de grande frequência em nossas vidas, desde os alimentos, em nossos organismos e em mais variados produtos." (A 1 – Q/F)

A categoria *higiene/limpeza* engloba as respostas que fazem uma correspondência entre bases e os agentes de limpeza e higiene pessoal. Por exemplo:

"As bases estão presentes em materiais de limpeza como no sabão." (A 26 – M)

"Para fazer sabão se usa soda que é uma base e é um excelente bactericida." (A 33 – M)

"Também são importantes para o nosso cotidiano, por exemplo, xampu, creme dental, sabão em pó." (A 11 – Q/F)

Aqui, na categoria *laboratório*, agrupamos as respostas referentes ao uso das bases em laboratórios, durante as aulas ou em laboratórios de pesquisa. São exemplos dessa categoria as seguintes respostas:

"Tem a ver com o meu dia a dia no laboratório, e com alguns produtos, como remédios e na própria alimentação." (A 19 – Q/C)

"Encontramos bases em sabonetes, em produtos de limpeza, como a soda cáustica, essa é a relação com a minha vida, além de eu trabalhar nas aulas de laboratório com algumas bases." (A 8 Q/C)

Em *remédio*, agrupamos as respostas referentes ao uso das bases para a fabricação de remédios:

"Utilizados como medicamentos anti-ácidos, como por exemplo, o hidróxido de alumínio e leite de magnésia." (A 18 – M)

"São utilizados em cosméticos e medicamentos." (A 10 – M)

"Existem remédios que são alcalinos que fazem o combate à acidez do estômago. O hidróxido de sódio é usado na limpeza." (A 25 Q/C)

"São usadas para fazer sabão. Remédios." (A 19 - Q/F)

"No anti-ácido estomacal que contém o bicarbonato de sódio que é um sal básico." (A 2 - Q/F)

Na categoria *outras*, obtivemos respostas bastante diversificadas, como as apresentadas a seguir:

"Para melhorar, fortalecer e deixar mais bonita as unhas." (A 6 – F)

"Bases estão presentes em materiais para correção do pH do solo." (A 3 – M)

"Da mesma forma que os ácidos, as bases são também importantes, assim fazendo parte da vida de todos." (A 26 – Q/C)

"As bases são importantes pelos mesmos motivos dos ácidos." (A 20 – Q/C)

"Estão presentes em nossa vida, com ampla utilização." (A 25 – Q/F)

A categoria *não sabe/não respondeu* reafirma a ideia de que os conhecimentos sobre bases são menos difundidos, 30 estudantes não souberam fazer uma relação entre as bases e o seu cotidiano, enquanto apenas 15 não souberam dizer o que os ácidos têm a ver com sua vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos através da pesquisa com os estudantes de Ensino Fundamental ao Superior corroboram com as pesquisas de Vienot (1979) no sentido de que muitas concepções de alunos de Ensino Fundamental se encontram presentes mesmo entre alunos do último semestre do Curso de Licenciatura em Química. Uma análise geral dos dados obtidos permite-nos dizer que grande parte dos sujeitos da presente pesquisa não apresenta uma progressão conceitual das teorias ácido base; muitos ainda permanecem com a concepção advinda da teoria de Arrhenius, fato que causa sérias limitações ao entendimento das demais teorias que englobam conceitos mais complexos e generalizadores. Portanto, podemos sugerir que, nos Ensinos Fundamental e Médio, deveria haver uma simplificação dos conteúdos de Química, no sentido de oferecer ao aluno algo mais concreto e baseado em experimentação simples, tentando resgatar as habilidades relacionadas à observação e análise de resultados.

Considerando a grande complexidade da teoria de Bronsted-Lowry em relação à de Arrhenius, sugerimos que ela seja aprofundada somente no Ensino Superior, a fim de evitar confusões conceituais e mera memorização de termos. Dessa forma, a teoria de Arrhenius, considerada mais simples, deveria possibilitar que os estudantes aprendessem de forma concreta, por exemplo, que ácidos fazem alguns indicadores mudar a cor para um padrão definido e que as bases fazem os mesmos indicadores mudar para outra cor. Isto é, tentar associar a teoria de Arrhenius com o *comportamento* ácido e básico. Para finalizar, acreditamos que o ensino de ácidos e bases baseado no comportamento dessas substâncias frente a determinadas situações seja a forma mais adequada de se trabalhar o assunto, evitando a simples memorização de que ácidos contém H e bases OH, o que acaba se transformando em um conhecimento ritual e um tormento para os estudantes.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, B. The experimental gestalt of causation: a common core to pupils preconceptions in science. **European Journal of Science Education**, v. 8, p.155-171, 1986.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- DRIVER, R; EASLEY, J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**, 12 p. 7-15, 1978.
- DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, f. 1, p. 3-15, 1986.

DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, p. 109-120, 1988.

FELTRE, R. **Fundamentos da Química**. 4. ed. Volume único. São Paulo: Moderna, 2005.

FREITAS, M.; DUARTE, M. C. Ensino de biologia: implicações da investigação sobre as concepções alternativas dos alunos. **Revista Internacional**, v. 3, n. 11/12, p.125-137, 1990.

GIL PÉREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v.4, p.111-121, 1986.

HAND, B.M. Students' understanding of acids and bases: a two year study. **Science Education**, v. 19, n. 1, p. 133-144, 1989.

LINKE, R. D.; VENZ, M. I. Misconceptions in physical science among non-science background students. **Science Education**, v. 9, p. 103 109, 1979.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária Ltda, 1983.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Ensaio**, v. 6, n. 2, p. 145-166, 2005.

NOVAK, J. **Theory of education**. Ithaca: Cornell University Press, 1977.

PACCA, J.L.A; VILLANI, A. Categorias de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos. **Revista de Ensino de Física**, v.12, p.123-138, 1990.

POZO, J. I. **A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos**. In: COLL, C. et al. **Os conteúdos na reforma**. Porto Alegre: Artes médicas, 1998. p. 17-71

ROSS, B.; MUNBY, H. **Concept mapping and misconceptions: a study of highschool students' understandings of acids and bases**. **International Journal of Science Education**, v. 13, n.1, p. 11-23, 1991.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio epistemologicamente fundamentado**. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

PERUZZO, T. M.; CANTO, E. L. **Química: na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Moderna, 2002.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-222, 1979.

WATTS, D.; ZYLBERSZTAJN, A. A survey of some children's ideas about force. **Physics Education**, v. 16, n. 6, p. 360-365, 1981.

WAWKES, S. J. Arrhenius confuses students. **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 7, p. 542-543, 1992.