

**Explicações de estudantes do ensino  
médio sobre o murchar de uma folha  
de alface temperada: evidências de  
mudança de teoria-em-uso.**

**Carmen Maria De Caro Martins**

Carmen Maria De Caro Martins

**Explicações de estudantes do ensino médio  
sobre o murchar de uma folha de alface  
temperada:  
evidências de mudança de teoria-em-uso**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação Conhecimento e Inclusão Social em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de Pesquisa: espaços educativos, produção e apropriação de conhecimentos

Orientador: Prof. Dr. Oto Borges

Belo Horizonte  
Faculdade de Educação da UFMG

2004

Tese defendida e aprovada, em 18 de junho de 2004, pela banca examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dr. Oto Neri Borges – Orientador

---

Profa. Dra. Silvia Luzia Frateschi Trivelato

---

Profa. Dra. Isabel Gomes Rodrigues Martins

---

Profa. Dra. Rosária da Silva Justi

---

Profa. Dra. Silvânia de Sousa Nascimento

*À memória de meu pai, Basílio,  
que ficaria muito feliz se estivesse por aqui  
À minha mãe, Litinha,  
que sempre torceu por mim*

## AGRADECIMENTOS

*É sempre difícil e, ao mesmo tempo prazeroso, fazer agradecimentos.*

*Difícil porque sempre ficamos com receio de ter esquecido de alguém que foi muito importante para o trabalho, mas que na hora da redação deste texto, por algum motivo que não sabemos, acabamos nos esquecendo. A estas pessoas que, eventualmente, eu tenha esquecido, obrigada pelo apoio, pelo convívio, pelas sugestões...*

*Prazeroso, porque é sempre bom lembrar dos momentos que passamos junto das pessoas que gostamos. Ao redigir os agradecimentos estes momentos emergem. É um pouco desses momentos que estou lembrando agora e gostaria de agradecer especialmente:*

*Ao Oto, meu orientador e amigo, companheiro de trabalho, pelo apoio irrestrito, pela confiança e principalmente pelo carinho e respeito que sempre demonstrou,*

*Aos meus queridos amigos do grupo APEC: Helder, Maria Emília, Mairy, Nilma, Orlando, Ruth e Selma, pela acolhida no grupo, pelo modo especial que cada um tem de falar das coisas, pela grande amizade que construímos; com vocês eu fiquei gostando ainda mais de aprender e ensinar ciências,*

*Aos meus queridos amigos e colegas do Setor de Biologia do COLTEC, Maria Inez, Gisele, Rosilene, Lúcia e Cleber, pelas horas e horas que passamos discutindo o que ensinar, para que ensinar e quando ensinar; pelo apoio nas horas difíceis; pelo carinho e respeito que sempre tiveram para comigo,*

*Ao grupo de quarta, Adelson, Cristina, Cristiano, Maria Luiza, Marina, Jordelina, Inêz, Amanda e Eliane pelas sugestões, pelo lanche sempre gostoso, pela vontade de construir um grupo de estudo,*

*Aos alunos participantes dessa pesquisa pois sem eles este trabalho não teria acontecido,*

*Aos professores do COLTEC e do CECIMIG que assumiram minhas atividades didáticas e administrativas para que eu pudesse realizar esta pesquisa*

*Ao Colégio Técnico da UFMG por viabilizar esta pesquisa ao disponibilizar seus laboratórios e materiais.*

*Às professoras Isabel Martins e Silvânia Nascimento pelas contribuições na leitura do projeto e na qualificação*

*À Dóris, sempre presente na hora que eu mais precisei,*

*Aos meus filhos, Carolina, Clarisse, Bernardo e Guilherme e ao Rogério, meu marido, pela paciência de sempre ter que esperar um pouco, pela contribuição na hora de dividir serviço, pelo carinho com que sempre me acolheram, pelos momentos de alegria que sempre me proporcionaram,*

*A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho,*

*Muito obrigada!*

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
ALGUNS PONTOS DE PARTIDA .....	2
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>AS QUESTÕES DE PESQUISA E AS ESCOLHAS.....</b>	<b>14</b>
O TEMA OSMOSE COMO OBJETO DE PESQUISA .....	17
ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE OSMOSE. ....	19
<i>A osmose e o murchamento da salada de alface</i> .....	21
A OSMOSE COMO TEMA DE PESQUISA NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	25
O ENSINO DE CIÊNCIAS E AS EXPLICAÇÕES CIENTÍFICAS .....	27
ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A ELABORAÇÃO DE EXPLICAÇÕES PELOS ESTUDANTES .....	31
<i>O papel da contemplação</i> .....	32
<i>Os processos metacognitivos</i> .....	33
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>38</b>
O AMBIENTE DA PESQUISA .....	38
<i>Estabelecendo compromissos</i> .....	39
<i>A atividade desenvolvida</i> .....	40
METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS .....	43
<i>Dados da pesquisa piloto e pesquisa de 2001</i> .....	43
<i>A pesquisa de 2003</i> .....	44
BUSCANDO DADOS PARA TRIANGULAÇÃO .....	47
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>O CONHECIMENTO SOBRE OSMOSE E AS HABILIDADES METACOGNITIVAS DOS ESTUDANTES PESQUISADOS .....</b>	<b>49</b>
ESTIMANDO A PROFICIÊNCIA EM OSMOSE – OPÇÕES METODOLÓGICAS E ANÁLISE .....	50
ESTIMANDO HABILIDADES METACOGNITIVAS .....	54
APRESENTANDO OS RESULTADOS .....	57
<i>Proficiência em osmose</i> .....	57
<i>Habilidades metacognitivas</i> .....	61
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>COMO EVOLUEM AS EXPLICAÇÕES DOS ESTUDANTES .....</b>	<b>65</b>
ALGUNS REFERENCIAIS PARA INTERPRETAR AS EXPLICAÇÕES DOS ESTUDANTES .....	65
COMO OS ESTUDANTES EXPLICAM O QUE ACONTECE COM A FOLHA DE ALFACE QUE É TEMPERADA? .....	69
1) <i>Explicações pautadas na descrição de estado (E)</i> .....	70
2) <i>Explicações que revelam uma descrição funcional (F)</i> .....	71
3) <i>Explicações do tipo exposição do mecanismo (M)</i> .....	72
4) <i>Explicações anômalas</i> .....	74

RESULTADOS .....	77
<i>Tendências na orientação epistemológica das respostas dos estudantes</i> .....	78
<i>Como mudam as explicações ao longo da tarefa</i> .....	91
<b>CAPÍTULO 6</b>	
<b>POR QUE A FOLHA DE ALFACE MURCHA QUANDO É TEMPERADA? ..105</b>	
ALGUNS REFERENCIAIS QUE ORIENTARAM NOSSO ESTUDO.....	105
<i>O que é uma situação inesperada?</i> .....	110
IDENTIFICANDO AS TEORIAS-EM-USO .....	113
<i>Explicações contendo teorias compatíveis com a teoria de osmose</i> .....	113
<i>Explicações contendo teorias incompatíveis com a teoria de osmose</i> .....	115
<i>Explicações sem teoria identificada</i> .....	117
MUDANÇAS IDENTIFICADAS .....	121
A SITUAÇÃO INESPERADA E SUA RELAÇÃO COM A MUDANÇA DE TEORIA-EM-USO .....	125
<i>Interpretando três casos</i> .....	126
PROCESSOS ENVOLVIDOS NA RESOLUÇÃO DE UMA TAREFA .....	133
<b>CAPÍTULO 7</b>	
<b>CONCLUSÕES.....156</b>	
IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS.....	157
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>168</b>



## **RESUMO**

Apresentamos neste trabalho de doutorado uma discussão sobre como os estudantes do ensino médio usam o conhecimento de osmose para explicar porque a folha de alface murcha quando é temperada. Apresentamos evidências de que o estudante pode mobilizar um conhecimento principalmente escolar para elaborar suas explicações. Identificamos em nosso estudo a participação do conhecimento e da habilidade metacognitiva dos estudantes na qualidade das explicações que ele elabora, em especial, na orientação epistemológica das explicações. Associamos a proficiência em osmose e a habilidade metacognitiva com as teorias-em-uso que são mobilizadas durante a resolução de uma tarefa. Apresentamos evidências de que o foco de atenção na tarefa e os processos reflexivos podem contribuir na mudança de teoria-em-uso.

## **ABSTRACT**

We discuss how high school students use the knowledge they have about osmosis to explain why lettuce leaves shrivel after been salt spiced. Evidences suggest that students can handle their acquired classroom knowledge in order to elaborate the required explanation. We detected that the students use their acquired classroom knowledge and metacognitive ability to improve their explanations, especially towards the epistemological orientation. During a task resolution the students' proficiency about osmosis and the metacognitive ability were closely associated to their handled theory-in-use. There are also evidences that both the attention towards the task and the reflexive processes can help to change the theory-in-use.

# INTRODUÇÃO

O ponto de partida dessa pesquisa de doutorado foi o interesse com as questões relativas ao ensino de Biologia, em especial, às questões relacionadas à produção e uso do conhecimento pelos estudantes. Perguntas do tipo “o quê ensinar”? “quando ensinar”? e “para quem ensinar”? sempre acompanharam minha vida profissional. Frente a essa inquietação, e ainda, ciente das discussões sobre mudanças curriculares no Brasil e em outros países, minha proposta de trabalho de pesquisa tinha, inicialmente, como principal objetivo estudar o uso de um conhecimento escolar em uma situação do cotidiano do estudante.

Esse objetivo vinha ao encontro das propostas brasileiras tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais e as Diretrizes Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) que enfatizavam o ensino contextualizado no cotidiano do estudante.

Após as primeiras coletas e análises dos dados outras questões emergiram e, naturalmente, deram outras direções para a pesquisa. É um pouco dessa história que passo a contar nesta tese.

Nesta pesquisa buscaremos entender alguns processos envolvidos na resolução da seguinte tarefa: explicar porque a folha de alface murcha quando é temperada. Apresentaremos evidências sobre o papel do conhecimento que o estudante tem sobre osmose; de suas habilidades metacognitivas; de seu envolvimento com a tarefa e de suas teorias-em-uso na elaboração dessas explicações.

## ALGUNS PONTOS DE PARTIDA

Nos últimos 40 anos muitos educadores têm se preocupado com a contribuição da educação formal para a formação de um cidadão que seja capaz de acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico e ainda participar ativamente da tomada de decisões sociais, políticas e econômicas. O modelo escolar tradicional tem-se mostrado pouco eficiente na formação de indivíduos aptos a conviverem numa sociedade com o perfil científico-tecnológico dos dias atuais. Muitas questões polêmicas fazem parte da vida cotidiana dos estudantes como a opção de comer ou não um alimento transgênico, opinar sobre o uso de embriões humanos para fins terapêuticos, discutir as questões éticas e morais envolvidas na clonagem humana. Para viver numa sociedade como esta é preciso transformar hábitos e estilo de vida e, principalmente ter comportamento ético. Dentro dessa perspectiva, vamos apresentar, inicialmente, algumas discussões que ocorrem na área de ensino de ciências, sobre o papel que a educação em ciências desempenha na vida das pessoas.

Ao optarmos por esta abordagem partimos do pressuposto de que há razões suficientes para considerar que as disciplinas escolares desempenham um importante papel no relacionamento entre os sujeitos e entre eles, a sociedade e a cultura. E, ainda, que a educação científico-escolar disciplinar pode capacitar as pessoas para a resolução de problemas da vida cotidiana.

Ultimamente, os debates sobre a importância do conhecimento científico pelos cidadãos têm-se intensificado em função da preocupação com o papel da ciência na sociedade (CAJAS, 1999).

Santos (1999) por exemplo, identifica nas propostas curriculares uma tendência de abandonar a concepção de "Ciência Pura" típica dos currículos das décadas de 1960 e 1970 que enfatizavam os conceitos, princípios e processos visando a formação de jovens para atuarem como "futuros cientistas". Por outro lado, há um esforço em tornar o ensino mais humanista, que possibilite a formação mais abrangente, de modo que os estudantes possam atuar como cidadãos críticos. Neste sentido um dos objetivos principais do ensino de ciências seria a "alfabetização científica" de todos os cidadãos.

O termo "alfabetização científica" foi usado pela primeira vez em 1958, como um modo de se compreender a ciência e suas aplicações em experiências sociais (BYBEE, 1997). Entretanto, sob o rótulo alfabetização científica e tecnológica encontramos um amplo espectro de significados: popularização da ciência, divulgação científica, transposição didática, entendimento público da ciência, democratização da ciência (AULER e DELIZOICOV, 2001). O conceito de alfabetização científica é usado hoje de modo muito amplo e contempla, praticamente, todos os objetivos do ensino de ciências, descritos ao longo dos anos. Embora não se tenha um consenso sobre como obtê-la (LAUGSCH, 2000), várias propostas de reformas curriculares têm apontado a "alfabetização científica" como uma das metas do ensino de ciências.

Na concepção de Hurd (1997), uma pessoa alfabetizada cientificamente é aquela que dentre outras habilidades, é capaz de: distinguir teoria de dogma, dados científicos de mitos e folclore; reconhecer que a vida das pessoas é influenciada pela ciência e tecnologia; reconhecer a ciência no contexto social, com sua dimensão política, ética e moral; conhecer o modo de produção e validação do conhecimento científico; usar o conhecimento científico para tomar decisões, fazer julgamentos e resolver problemas de sua vida cotidiana.

O grupo de Gräber (2001) também é favorável ao modelo de ensino que objetiva a alfabetização científica. Para os integrantes desse grupo, algumas competências pessoais, epistemológicas, de aprendizado, sociais, procedurais e éticas podem ser adquiridas por intermédio desse modelo de ensino. O grupo argumenta que o ensino tradicional se concentra em aspectos que contribuem pouco para o desenvolvimento de habilidades procedurais. Já o ensino que tem como meta a alfabetização científica, apresenta um melhor balanceamento entre as várias competências e reflete uma contribuição mais efetiva do ensino de ciências para os estudantes. Eles consideram que um modelo de ensino centrado nos problemas do dia a dia do estudante, é o que mais se aproxima da meta da alfabetização científica.

Entretanto, as pesquisas educacionais têm mostrado que fazer a conexão entre a ciência escolar e os problemas originados no cotidiano não é tarefa fácil. Ao contrário é uma meta educacional complexa e difícil e ainda há pouca pesquisa nesta área (CAJAS, 1998 e 1999). Além disso, Cajas identificou uma grande dificuldade dos professores em articular a ciência escolar com as situações do cotidiano vivenciadas pelos estudantes. Entretanto, várias reformas curriculares indicam a importância da aplicação do conhecimento científico no dia a dia. Isto equivale a assumir que o conhecimento científico pode ser significativo no contexto do cotidiano.

Santos (1999) propõe que um currículo pautado numa abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) seria particularmente compatível com a formação geral dos alunos porque privilegia um ensino menos internalista e mais voltado para contextos do mundo real. Isto porque um dos objetivos centrais desta abordagem de ensino é o desenvolvimento de uma cidadania individual e social para lidar com problemas que têm dimensões científicas e tecnológicas, em um contexto que se estende para além do

laboratório e das fronteiras das disciplinas. Além disso, esta abordagem rompe com a educação científica em ciência e para a ciência e privilegia a educação *por meio da ciência*, o que revaloriza objetivos de formação social e pessoal. Para a autora, a concepção CTS de ensino das Ciências aponta para um ensino que ultrapassa a meta de uma aprendizagem de conceitos e teorias centrados em conteúdos canônicos.

Neste sentido, algumas das questões educacionais que se colocam frente a esta problemática são: através de quais saberes em ciências e sobre ciências estes propósitos poderão ser alcançados? Quais temas da ciência são mais adequados para o desenvolvimento de uma consciência cívica e cultural?

Questões semelhantes também são expostas por Santos e Schnetzler (1998). Esses autores acreditam ser fundamental uma revisão dos conteúdos programáticos das disciplinas científicas que são ministradas nas escolas, e refletir sobre suas funções.

*"é preciso nos perguntar de que maneira os conceitos científicos podem contribuir para a formação da cidadania. Se não encontrarmos resposta que justifique a inclusão de determinados tópicos no conteúdo programático, certamente será recomendável substituí-lo por outro mais relevante (SANTOS e SCHNETZLER, p.262-263)."*

Repensar o currículo de ciências, tomando como ponto de partida questões dessa natureza é um exercício importante porque permite romper com a organização tradicional e compartimentalizada dos conteúdos científicos ao longo de toda a vida escolar dos estudantes.

Wellington (2001) também concorda que é necessário repensar o ensino e a aprendizagem em ciências nesse novo milênio. Para ele há muita coisa errada com a

educação em ciências e é preciso repensar o que vem sendo feito para planejar e reestruturar o futuro. Para justificar sua posição o autor indica as inúmeras publicações e dados estatísticos que mostram uma diminuição no número de jovens qualificados em Química e Física nos níveis avançados enquanto há um aumento no número de jovens que optam por outros cursos. Além disso, ele argumenta que a área de ciências não tem sido atraente para a maioria dos estudantes. Neste sentido, parece que a escolarização compulsória em ciências, para os jovens até os dezesseis anos, parece ter tido pouco efeito prático nas atitudes e uso de ciências em suas vidas.

A preocupação destes pesquisadores não é em vão. Alguns estudos realizados por MILLAR (1996) mostraram que, aproximadamente, apenas 35% dos estudantes de 15 anos são capazes de aplicar o conhecimento científico em situações problemáticas simples. Pesquisas sobre o aprendizado dos estudantes, em domínios específicos do conhecimento científico, apontam na mesma direção: poucos jovens por volta dos dezesseis anos têm uma base sólida sequer dos fatos, princípios, conceitos e idéias mais básicos em ciências. Idéias tais como a teoria particulada da matéria, o modelo científico do sistema solar, as trocas gasosas em plantas e animais são todas mal compreendidas, além das várias idéias erradas persistentes. Millar discute ainda que a ausência de compreensão básica dos estudantes não é aparentemente percebida pelos seus professores, que constantemente superestimam a compreensão dos alunos sobre as idéias científicas básicas trabalhadas na escola. Pesquisas sobre a compreensão de ciências pelo público adulto mostram o mesmo quadro: pouca compreensão e, em potencial, muita confusão sobre as idéias científicas básicas. Também para Millar, um currículo com uma ênfase mais tecnológica poderia ter uma maior chance de prender o interesse dos estudantes.

Um dos problemas apontados por Wellington (2001) é que por trás do slogan "Ciência para todos" tem-se uma versão modificada do currículo de ciências tradicional, originalmente desenhado para formação de futuros cientistas. Para o autor, o ensino de ciências falhou tanto no sentido de desenvolver cidadãos cientificamente alfabetizados quanto no preparo de uma minoria para a carreira científica.

Wellington identifica em seu artigo algumas das principais tensões recorrentes no debate atual sobre as metas da educação científica. Para ele, estas tensões ocorrem em diferentes níveis: políticos, governamentais, sociais, educacionais. Uma das tensões que ele identifica é a que ocorre entre a meta de preparar futuros cientistas e uma educação científica que promova a alfabetização científica de todos.

Esta é uma tensão que pode ser facilmente identificada no ensino de Biologia atual. Enquanto as orientações curriculares (PCN) apontam para um ensino de Biologia mais contextualizado no cotidiano do aluno, os livros didáticos que são mais utilizados pelos professores de ensino médio continuam com o formato de compêndios e tratam o conhecimento científico como um produto acabado e não como processo. E, com esse "status", o conhecimento-produto é apresentado de modo harmonioso, organizado e lógico, encobrindo a realidade conflituosa do aparecimento das idéias e da constituição do saber científico.

Conforme comenta Wellington (2001), embora a educação científica seja moldada por diferentes forças internas (pesquisas educacionais, os autores de livros textos, os movimentos educacionais, entre outros) e externas (políticas públicas, recursos financeiros, a educação superior) todo processo de implantação curricular é sempre



mediado pelo professor, já que é ele o responsável pela efetivação da proposta curricular.

No Brasil, uma rápida análise dos documentos oficiais que orientam o ensino pode nos indicar a principal tendência do ensino de ciências: o ensino contextualizado no cotidiano do aluno. Exemplos sobre esta abordagem estão presentes não só nos documentos do MEC como também em editais de vestibulares de algumas das principais universidades brasileiras, dentre as quais, a UFMG.

O parecer CEB no 15/98 aprovado em 01\06\98 orienta que a organização curricular do Ensino Médio deve ter entre outros pressupostos:

*abertura e sensibilidade para identificar as relações que existem entre os conteúdos do ensino e das situações de aprendizagem e os muitos contextos de vida social e pessoal, de modo a estabelecer uma relação ativa entre o aluno e o objeto do conhecimento e a desenvolver a capacidade de relacionar o aprendido com o observado, a teoria com suas conseqüências e aplicações práticas...a formação básica a ser buscada no Ensino Médio realizar-se-á mais pela constituição de competências, habilidades e disposições de condutas do que pela quantidade de informação. Aprender a aprender e a pensar, a relacionar o conhecimento com dados da experiência cotidiana, a dar significado ao aprendido e a captar o significado do mundo, a fazer a ponte entre a teoria e a prática.*

A consonância com as metas de formar cidadãos cientificamente alfabetizados, fica bastante clara nos parâmetros curriculares de biologia, como destaque nas transcrições abaixo:

*"Mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino de Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, quando for o caso, enfim compreender o mundo e nele agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da tecnologia" (PCN, p.225)*

*"No ensino de Biologia...é essencial o desenvolvimento de posturas e valores pertinentes às relações entre os seres humanos, entre eles e o meio, entre o ser humano e o conhecimento, contribuindo para uma educação que formará indivíduos sensíveis e solidários....capazes de realizar ações práticas, de fazer julgamentos e de tomar decisões." (PCN, p.226).*

O contexto que é mais próximo do estudante, e mais facilmente explorável para dar significado aos conteúdos da aprendizagem, é o da vida pessoal, do cotidiano e da convivência. O estudante vive em um mundo de fatos regidos pelas leis naturais e está imerso em um universo de relações sociais. Além disso, está exposto a informações cada vez mais acessíveis e em contato com bens cada vez mais diversificados, produzidos com materiais sempre novos.

Concordo que o ensino de ciências deva contribuir efetivamente para a aquisição de conhecimentos socialmente construídos de modo que os estudantes possam atuar como cidadãos capazes de analisar criticamente as situações em que tais conhecimentos são aplicados. Mas, em que sentido o ensino de ciências, e mais especificamente o ensino de biologia, poderia ajudar a vida do estudante?

Entre os argumentos citados por Millar (1996) aprender ciências é importante do ponto de vista prático, especialmente para quem vive numa sociedade científica e

tecnologicamente sofisticada. O ensino de ciências poderia capacitar as pessoas nas decisões sobre dieta, segurança e outras coisas tais como avaliar propagandas e fazer escolhas mais sensatas enquanto consumidores. Millar, entretanto, questiona esta “utilidade” do ensino de ciências. Para ele, poucas decisões do dia a dia são tomadas com base no conhecimento científico e, ainda, que a maioria dos estudantes não apresentam uma compreensão satisfatória sobre vários conteúdos científicos. Como ele mesmo argumenta, não há indícios muito convincentes de que compreender os vários conteúdos científicos melhora a vida das pessoas numa sociedade tecnológica.

Concordo com Millar que um dos problemas relacionados a esta falta de informação dos estudantes está relacionada aos currículos escolares sobrecarregados, ao inchaço dos livros didáticos e à falta de consenso sobre o que é central. Afinal, o que é importante ensinar? O que é importante aprender?

É indiscutível que os currículos escolares deveriam ter orientações que tornassem os estudantes mais potencializados a interagirem com o mundo material e a compreenderem o mundo natural. Como professora, considero que o ensino de Biologia tem um papel importante em potencializar os estudantes para isso.

Considero a sala de aula como um ambiente onde diferentes conhecimentos são colocados em confronto: o conhecimento de cada estudante, o conhecimento do professor, o conhecimento científico divulgado pela mídia, o conhecimento científico dos manuais didático e o conhecimento dos cientistas. Nossos estudantes estão diariamente expostos a todas estas informações, especialmente aquelas divulgadas pela televisão, e também, diariamente eles se defrontam com questões que exigem uma decisão pessoal. As decisões tomadas pelos estudantes podem ser mais ou menos

influenciadas pela mídia, pelos conhecimentos do senso comum e pelo conhecimento escolar.

A esperança dos educadores e talvez dos diversos segmentos sociais é que o conhecimento escolar deixe aí visível a sua marca. No entanto, pouco se sabe sobre os processos decisórios no dia-a-dia e, principalmente, sobre a influência de cada tipo de conhecimento nesses processos.

Indo além, podemos identificar nas propostas curriculares a expectativa de que os conhecimentos escolares venham a constituir-se em mediadores entre as percepções, os comportamentos e as ações dos sujeitos em situações da vida cotidiana.

Frente ao quadro de escassez de pesquisa sobre o uso de um conhecimento escolar em situações do cotidiano, optamos por fazer um estudo considerando o uso do conhecimento de osmose em uma situação do cotidiano. Ao considerar a possibilidade do estudante utilizar conhecimentos escolares em situações cotidianas estamos pressupondo que estes conhecimentos podem ser evocados e que é possível sua transposição para situações do cotidiano. Estamos considerando ainda que, ao fazerem esta transposição os estudantes fazem uso de processos mentais que desencadeiam a evocação de tais conhecimentos. Assim, as questões que orientaram inicialmente nosso trabalho foram:

- Os estudantes fazem uso do conhecimento escolar para solucionarem problemas ou explicarem situações do seu dia a dia?
- O que faz disparar o gatilho da evocação de um determinado conhecimento na resolução de um problema ou na tomada de decisões ?

- É possível identificarmos alguns dos mecanismos envolvidos na evocação deste conhecimento?

Essas e outras questões serão discutidas nesta tese. Optamos em não fazer um capítulo teórico independente da apresentação dos resultados e de nossa interpretação. Assim, em cada capítulo iremos abordar cada uma das facetas de nossa pesquisa. Vamos, ao longo da tese, construindo um entendimento de como os estudantes usam o conhecimento de osmose durante uma situação simulada de seu cotidiano.

No Capítulo 2 situamos nosso estudo no âmbito das pesquisas em ensino de ciências. Apresentamos as questões de pesquisa, justificamos a escolha do tema osmose e fazemos uma breve apresentação de algumas das teorias que orientaram nossas escolhas e interpretação de nossos resultados

No Capítulo 3 apresentamos a metodologia de coleta de dados: quem são nossos sujeitos, como a atividade foi elaborada, como tratamos os dados que serão discutidos nos capítulos seguintes.

No Capítulo 4 apresentamos os resultados referentes ao conhecimento de osmose dos estudantes pesquisados e de suas habilidades metacognitivas. Justificamos os modelos estatísticos utilizados e o modo como obtivemos as estimativas de proficiência e habilidade metacognitivas dos estudantes pesquisados.

No Capítulo 5 estudamos as explicações elaboradas pelos estudantes ao longo da atividade. Apresentamos alguns referenciais que usamos para interpretarmos essas explicações e, ainda, a taxonomia que produzimos a partir das explicações dos estudantes e que foi utilizada para gerarmos os dados sobre as mudanças que identificamos na qualidade das respostas dos estudantes.

No Capítulo 6 introduzimos o referencial de Argyris e Schön (1974) para interpretarmos as explicações dos estudantes como resultado de suas teorias-em-uso. Neste capítulo apresentaremos os resultados e os referenciais teóricos que sustentam nossa interpretação de que ao longo da tarefa, o estudante muda sua teoria-em-uso.

No Capítulo 7 apresentamos as conclusões e implicações pedagógicas, além de indicar possíveis desdobramentos da pesquisa.

## CAPÍTULO 2

### AS QUESTÕES DE PESQUISA E AS ESCOLHAS

Nas duas últimas décadas, um referencial construtivista amplo e ecumênico, foi inspirador das pesquisas que investigam a compreensão de conceitos científicos por estudantes dos diferentes níveis de escolarização, especialmente na área das ciências naturais. Estas pesquisas têm mostrado que as idéias das crianças sobre o mundo natural diferem em relação ao conteúdo conceitual das idéias dos cientistas. Os resultados encontram-se em extensos catálogos que descrevem as idéias dos estudantes nas áreas da física, química, biologia, entre outras (SANTOS, 1991; DRIVER *et al*, 1994) e configuraram o que se denominou "Movimento das Concepções Alternativas" (MCA).

Driver (1989), chamou a atenção para a existência de uma ampla literatura baseada em estudos realizados no mundo inteiro, indicando que os estudantes possuem concepções alternativas sobre os fenômenos naturais, mesmo antes de iniciarem o ensino formal. Este conhecimento prévio do estudante é importante na determinação da aprendizagem de novos conhecimentos, já que esta ocorre através do envolvimento ativo do estudante na construção do conhecimento.

Essas concepções, denominadas "concepções prévias", "alternativas", "espontâneas", etc, são semelhantes para pessoas de diferentes faixas etárias, ambientes culturais, (WANDERSEE *et al*, 1994) e estão organizadas com grau suficiente de coerência interna, o que as torna bastante resistentes à mudanças. Assim, é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários (VIENNOT, 1979).

Os trabalhos publicados pelos pesquisadores adeptos do MCA levaram a uma mudança na concepção do processo ensino-aprendizagem em ciências. Isto porque se começou a adotar posturas epistemológicas que pressupõem a existência de estruturas teóricas prévias que poderiam orientar a construção do conhecimento científico pelo estudante.

A maioria dos projetos de ensino de ciências desenvolvidos sob a perspectiva construtivista nascidos nesta época, considerava o ensino de ciências como um processo no qual a exposição dos estudantes em situações de conflito seria o caminho adequado para possibilitar a superação e substituição das concepções prévias pelas científicas. Apesar da grande variedade de diferentes abordagens e visões, há pelo menos duas características principais que parecem ser compartilhadas pelos pesquisadores:

- a aprendizagem se dá através do envolvimento ativo do estudante na construção do conhecimento;
- as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem.

Um modelo de ensino proposto para lidar com as concepções dos estudantes foi o de Mudança Conceitual. O trabalho clássico de mudança conceitual de Posner *et al* (1982) parte do pressuposto de que concepções conflitantes não podem ser simultaneamente plausíveis para uma mesma pessoa. Desse modo, o modelo implica em uma modificação do quadro mental existente para dar acolhimento a um novo conceito.

Entretanto, não existe entre os pesquisadores uma clareza sobre a natureza qualitativa destas concepções. Um grande número de estudos tem mostrado que a substituição de uma concepção alternativa por um conceito científico é um processo muito complexo,



senão impossível. Driver (1989) encontrou que características contextuais parecem ter um significado importante no uso das concepções pelos estudantes.

Muitos autores têm criticado modelo de Mudança Conceitual, pois consideram que não há meios para extinguir as noções cotidianas dos estudantes. Para Solomon (1983), existe uma grande dificuldade em traçar uma linha nítida entre as idéias dos estudantes e as dos cientistas profissionais. Os estudantes freqüentemente utilizam dois sistemas de conhecimento: os conhecimentos científicos e os conhecimentos do cotidiano. Para esta autora, os estudantes não precisam necessariamente eliminar as suas concepções, mas devem se tornar aptos a pensar e a operar em diferentes domínios de conhecimentos, e serem capazes de distinguí-los.

DiSessa (1998) chama a atenção para um "modelo padrão" de mudança conceitual predominante na década de 1980. Neste modelo pressupõe-se que o conhecimento do aluno evolui por mudanças abruptas. Essa idéia parece originar-se na descrição kuniana da evolução das ciências através de processos disruptivos (revoluções científicas). Daí as estratégias de ensino enfatizarem, em demasia, as situações de explicitação do conhecimento prévio, seguidos de situações especialmente projetadas para provocarem um conflito conceitual no aluno. A baixa resposta deste tipo de estratégia de ensino trouxe inquietação no campo da pesquisa.

A década de 1990 inicia-se com entendimentos mais generosos da idéia de mudança conceitual. Começa a ser dominante a idéia de que o conhecimento conceitual evolui sem rupturas abruptas, através de um processo contínuo de pequenos passos de construção-uso-reconstrução. Uma teoria típica deste período é a de Vosniadou (1998). Já no final da década de 90, a cena está mais complexa e variada. Os pesquisadores do

campo de mudança conceitual experimentam abertura para reexaminar (aproximar) os resultados de campos distintos, mas próximos: a psicologia experimental e a psicologia social, os efeitos sociais, a psicologia da motivação e da metacognição. Hoje, praticamente já não há pesquisadores identificados com o modelo padrão de mudança conceitual, porém as elaborações desta área ainda podem ser importantes.

Santos (1999) argumenta que embora partindo de saberes socialmente partilhados pelos estudantes, as propostas pedagógicas ancoradas na aprendizagem por mudança conceitual, funcionam num vazio social e tecnológico. Isto porque ao valorizarem a “educação em ciências” e “sobre a ciência” elas deixaram de fora a “educação pela ciência” que visa mais diretamente a educação do cidadão através da ciência promovendo aspectos formativos da educação científica, aspectos estes que levariam a uma cultura científica e a uma alfabetização científica para todos.

Embora não seja objetivo desta pesquisa estudar mudança conceitual, os trabalhos publicados nesta área de pesquisa foram importantes porque eles nos permitiram interpretar as explicações dos estudantes sob outro ponto de vista.

## O tema osmose como objeto de pesquisa

A escolha do tema “osmose” se justifica porque quando iniciamos nossa pesquisa tínhamos o interesse em estudar o uso de um conhecimento biológico e escolar em uma situação do cotidiano. Este nosso interesse nos colocou frente ao seguinte problema: qual conhecimento escolar seria apropriado para este tipo de pesquisa? Em primeiro lugar, o tema a ser escolhido para pesquisa deveria fazer parte dos currículos de biologia que são normalmente desenvolvidos nas escolas de ensino básico. Além disso, o tema já

deveria ter sido trabalhado em sala de aula, já que estávamos interessados em pesquisar sobre o uso daquele conhecimento em situações de cotidiano. Deveria também estar relacionado a fatos do cotidiano da maioria dos estudantes, e, por fim, deveria ser principalmente escolar.

Estamos chamando de conhecimento principalmente escolar aqueles conhecimentos que são caracteristicamente aprendidos na escola, ou seja, conhecimentos que dificilmente podem ser aprendidos na experiência cotidiana, através da mídia de massa ou em ambientes informais de ensino. Sabíamos de antemão, que alguns temas da área de Biologia como os relacionados aos conteúdos de genética e de ecologia são muito “contaminados” por informações dos diferentes meios de comunicação e, portanto não poderiam ser nosso objeto de estudo.

Assim, dentre os temas do currículo de Biologia para o ensino médio que respondem às exigências acima descritas, escolhemos o conceito de osmose. O conceito de osmose atende às exigências impostas pela pesquisa: faz parte do currículo de Biologia no Ensino Médio, é principalmente escolar e tem aplicação em situações cotidianas. Além disso, os estudantes que participaram da pesquisa já haviam estudado o assunto em diferentes tópicos do currículo de Biologia da escola: no primeiro ano, no estudo das propriedades da membrana plasmática, quando foram realizadas algumas atividades práticas envolvendo a entrada e saída de água das células em função da concentração do meio externo; no segundo ano, no contexto de absorção e distribuição de nutrientes nos organismos, no estudo dos processos de osmorregulação e funcionamento do sistema excretor dos diferentes animais e no estudo de transporte de água nos vegetais.

## Algumas considerações sobre o processo de osmose.

Osmose é um processo físico-químico relacionado à passagem de água, no estado líquido, de um meio para outro. A osmose é essencial para a vida de todos os seres vivos. É um dos processos que garante a manutenção do equilíbrio de sais e líquidos (osmorregulação) nos organismos e entre os organismos e o ambiente.

É através de processos osmóticos, por exemplo, que uma planta absorve água do solo. É a osmose que explica o movimento de água (entrada e saída) entre as células e o meio intercelular. Em nosso corpo, por exemplo, a água que é absorvida no intestino grosso, passa para os capilares sanguíneos, por osmose.

A osmose ocorre quando duas soluções de diferentes concentrações estão separadas por uma membrana semipermeável. Chamamos de ‘membrana semipermeável’ aquelas que são permeáveis à água e impermeáveis a outros materiais como sais, açúcares e outras substâncias. Desse modo, através de uma membrana semipermeável que separa duas soluções com diferentes concentrações de sais, a água passa por osmose. O movimento da água através da membrana é um processo físico-químico. Para entendermos como ele acontece precisamos, inicialmente, entender o que acontece com as partículas de uma solução.

Considere uma solução de água e sal. Quando acrescentamos uma certa quantidade de sal (soluto) na água (solvente) dizemos que a solução tem uma certa concentração de sal. Nesta solução tanto as partículas de água quanto as de sal estão continuamente em movimento aleatório.

Vamos considerar agora duas soluções com concentrações diferentes, separadas por uma membrana semipermeável. Nestas condições, o movimento de água entre os dois meios ocorre, por osmose, do meio com menor concentração de sal (meio hipotônico) para o de maior concentração de sal (meio hipertônico), até que as duas soluções entrem em equilíbrio (equilíbrio osmótico). Embora na situação de equilíbrio as moléculas de água continuem passando de um lado para o outro da membrana, a concentração em cada um dos lados permanece constante.

A membrana plasmática, membrana que envolve as células de todos os organismos se comporta como uma membrana semipermeável, ou seja, a água no estado líquido, passa por osmose, através dessa membrana.

É importante esclarecer que a membrana plasmática apresenta também vários outros processos complexos envolvidos no transporte de substâncias. Entretanto nosso interesse neste trabalho é o de discutir os processos osmóticos.

Tanto os organismos unicelulares (constituídos de uma só célula) como os pluricelulares estão submetidos às condições físico-químicas do meio. Aqui estamos nos referindo tanto ao ambiente externo, por exemplo a água de um lago ou o meio aquoso em que estão mergulhadas as células dos tecidos animais e vegetais quanto ao meio intracelular. Alterações na concentração de sais desses meios podem resultar em resposta do organismo ou da célula.

Assim, animais de água doce possuem mecanismos de controle osmótico diferentes dos que vivem no ambiente marinho. Animais terrestres também possuem mecanismos de regulação osmótica que possibilitam sua sobrevivência. Seria impossível, por exemplo,

um homem sobreviver bebendo somente água do mar. Entretanto os peixes marinhos possuem mecanismos que permitem sua sobrevivência bebendo somente água do mar.

Entre os processos biológicos, a osmose é particularmente importante nos mecanismos de osmorregulação – mecanismos de controle das concentrações do meio interno. São estes mecanismos que regulam, por exemplo, a concentração e a quantidade de urina formada em nossos rins.

Vários exemplos de nosso dia a dia podem ser aqui relatados para percebermos como os processos osmóticos são comuns na nossa vida diária. A atividade que elaboramos para coleta de dados – temperar folhas de alface como fazemos no preparo de uma salada - é um deles.

## A osmose e o murchamento da salada de alface

A firmeza dos órgãos vegetais (folhas, frutos, ramos, flores) é explicada, em parte, pela grande quantidade de água que a célula vegetal possui em um compartimento intracelular, o vacúolo. A célula vegetal também possui uma parede celular celulósica muito resistente, o que impede que a célula se arrebente quando está cheia de água. Uma planta em condições adequadas de água no solo, está com os vacúolos de suas células cheios de água, túrgidas, o que dá às plantas a firmeza que é lhes é característica. Por outro lado, quando o vacúolo perde água, as células perdem sua turgescência, ficam flácidas. O resultado é o murchamento do vegetal.

Vamos considerar, agora, a situação que elaboramos para a coleta de dados. Tomamos uma folha de alface ainda bem firme, ou seja com suas células cheias de água. Colocamos água e sal sobre a folha. Criamos uma diferença entre a concentração de sais

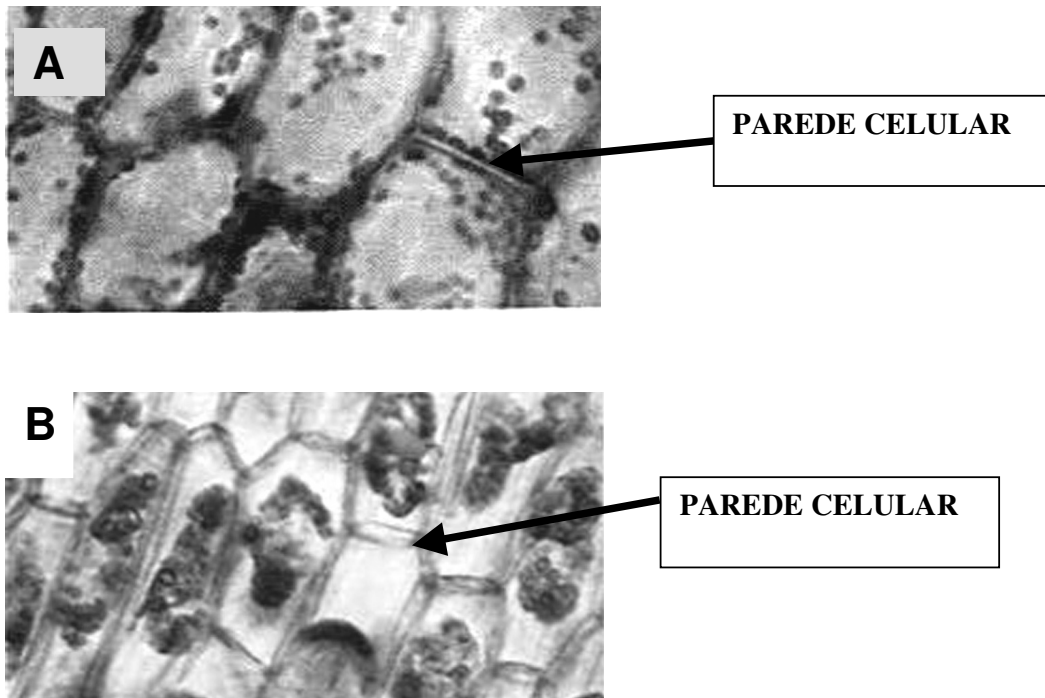
do meio intracelular em relação ao meio extracelular. Estes meios estão separados um do outro por duas membranas: a membrana celulósica, que é totalmente permeável e, portanto, não se constitui em obstáculo para a passagem de água ou de sal, e a membrana plasmática, que funciona como uma membrana semipermeável- permeável à água mas não aos sais.

Nestas condições, o movimento de água entre os dois meios ocorre, por osmose, do meio com menor concentração de sal (meio intracelular) para o de maior concentração de sal (meio extracelular), até que as duas soluções entrem em equilíbrio (equilíbrio osmótico). Veja as imagens (FIG.1) de uma folha de *Elodea* ao microscópio antes e após ser colocada em água com sal:

Em A, as células estão cheias de água. Isto é evidenciado pela distribuição dos cloroplastos na célula e também pela conformação da parede celular (parecem estar esticadas). Em B vemos as células após a folha ter sido colocada em água com sal. A perda de água fica evidenciada pela aglomeração dos cloroplastos e pela conformação da parede celular (ficam flácidas). Com a perda de água e conseqüente flacidez da parede celular, a folha perde a firmeza e murcha.

Visto a importância do processo osmótico não só na compreensão de fatos do cotidiano como também de processos biológicos envolvidos na adaptação dos seres aos ambientes, podemos considerar este tema bastante adequado ao que se propunha esta pesquisa: o uso de um conhecimento escolar em uma situação do cotidiano. É importante ressaltar que diferentemente de temas relacionados à área de genética, ecologia, saúde humana, o tema osmose é pouco ou nada explorado pela mídia. Este fato é significativamente importante para nós, pois pretendemos em nossa pesquisa,

estudar como um conhecimento escolar é usado pelos estudantes durante uma situação problemática.



**Figura 1** - Folha de *Elodea* em água (A) e em solução de água e sal (B)

Nos interessa ainda, fazer uma breve discussão sobre o tratamento do tema osmose nos livros didáticos de Biologia mais recentes.

De modo geral, os conteúdos de Biologia nos livros de ensino médio são distribuídos em três volumes. O volume 1, normalmente utilizado no primeiro ano do ensino médio, trata da biologia celular; o volume 2, usado no segundo ano, aborda os seres vivos; o volume 3, traz as discussões sobre ecologia, genética e evolução. Não pretendemos entrar no mérito da distribuição destes conteúdos ao longo das três séries que compõem o ensino médio. Entretanto, consideramos que este tipo de abordagem, adotada pela



maioria dos livros didáticos descontextualiza o ensino. De modo geral, ao tratar a fisiologia da membrana plasmática, os livros apresentam o conceito de osmose fora de uma situação problemática. E, ao tratarem o conceito de osmose no contexto da fisiologia animal e/ou vegetal, não é raro encontrarmos explicações finalistas relacionadas ao processo osmótico envolvido nas adaptações dos organismos aos diferentes ambientes. Vejamos alguns exemplos extraídos de alguns dos livros de Biologia para o ensino médio:

*O organismo, para eliminar seus excretas, precisa eliminar conjuntamente uma grande quantidade de água. Para que não aconteçam alterações do equilíbrio osmótico, os organismos utilizam os mais diversos expedientes para controlar a perda ou o ganho de água. (SOARES, 1999, p. 148)*

*Os peixes de água doce são hipertônicos em relação à água dos rios e lagos. Por isso, sofrem intensa osmose. Para evitar a turgescência eles praticamente não bebem água e eliminam grandes quantidades na urina. (SOARES, 1999, p. 148)*

*... esses peixes resolveram o problema da perda de água ingerindo a água do mar (LOPES, 1997, p. 479)*

*... para compensar a perda de água, os peixes ósseos marinhos bebem água do mar...o excesso de sal é eliminado pelas brânquias (LINHARES et al, 2000, p. 331)*

O modo como o tema osmose é tratado nos livros didáticos de ensino médio de biologia, além de não apresentar uma oportunidade para discussão de problemas mais próximos dos estudantes, pode ser fonte de apropriação de idéias finalistas.

Embora este trabalho de tese não tenha como objetivo a análise do texto didático, consideramos importante fazer este breve comentário porque acreditamos que os livros didáticos de biologia disponíveis para uso dos estudantes contribuem, de algum modo, na formação do estudante. Explicações finalistas são comuns em biologia. Ao apresentar os mecanismos de adaptação como modo de ‘resolução de problemas’ pelos seres vivos, o texto didático acaba por promover um entendimento equivocado dos processos evolutivos envolvidos na adaptação ao ambiente.

## A osmose como tema de pesquisa no ensino de ciências

Frente a importância dos processos osmóticos, muitas pesquisas na área de educação em ciências tiveram como objetivo identificar “concepções alternativas” dos estudantes em relação à osmose associando-as à dificuldade de compreensão deste tema pelos estudantes (ODOM, 1995a; ODOM, 1995b; FRIEDLER *et al*, 1987; CHRISTIANSON, 1999, PANIZZON, 2002).

Johnstone e Mahmoud (apud FRIEDLER, 1987) por exemplo, identificaram que os temas osmose e potencial de água são considerados difíceis por estudantes e professores. Uma das justificativas que eles apresentam é que o conceito de osmose demanda explicações abstratas.

Em um artigo de revisão, Friedler (1987) apresenta algumas razões para as dificuldades dos estudantes em relação ao tema osmose tais como: 1) o modo como o tema é tratado pelos professores e livros didáticos; 2) requerer o entendimento de relações entre macro e micro sistemas, tais como diferença de concentração, presença de membranas, direção de movimento de moléculas; 3) requerer o uso de conceitos que são a base de outros conceitos tais como difusão, plasmólise, turgor, membrana seletiva; 4) requerer como pré-requisitos alguns conhecimentos de física e química tais como: soluções, solubilidade, concentração diluição, natureza corpuscular da matéria que são especialmente difíceis para os estudantes do ensino médio; 5) a diferença entre o significado no dia a dia e os conceitos científicos, tais como pressão, concentração-quantidade; 6) a tendência do uso de explicações teleológicas pelos livros, professores e estudantes.

Além dos problemas identificados por Friedler, os livros didáticos de Biologia e, conseqüentemente os currículos, tratam deste conceito no início do curso médio, no contexto abstrato da biologia celular, quando os estudantes ainda não têm uma visão ampla sobre as propriedades da matéria (objeto de estudo da química) e ainda desconsideram as situações do cotidiano. Esta fragmentação no ensino pode dificultar o uso deste conceito em situações do dia-a-dia.

Mais recentemente, Panizzon (2002 e 2003) fez um estudo sobre como os estudantes australianos de um nível de ensino que seria correspondente a um pós-médio no Brasil, compreendiam os processos de osmose e difusão. Usando a taxonomia SOLO, (Structure of the Observed Learning Outcome) proposta por Biggs e Collis em 1982, Panizzon identificou um padrão de desenvolvimento cognitivo na compreensão dos estudantes em relação à osmose. A partir de atividades orientadas que envolviam o uso

dos conceitos de difusão e osmose, ela identificou, nas respostas elaboradas pelos estudantes, o uso de diferentes modos de pensamento em diferentes níveis. Alguns estudantes elaboram respostas que tendem a focar suas respostas em um nível mais macroscópico e respondem “o quê” acontece. Outros estudantes tendem a responder “porque” acontece, focando suas respostas em um nível mais abstrato, e atribuindo o fenômeno observado à diferença de concentração e movimento de partículas.

Panizzon (2002) também identificou concepções alternativas em 40% das respostas que analisou em sua pesquisa principalmente relacionadas à direção do movimento das partículas no sistema.

Diferentemente da maioria das pesquisas já realizadas sobre como os estudantes entendem o processo de osmose, nosso foco não são as concepções dos estudantes. Iremos apresentar nesse trabalho de tese, como os estudantes usam o conceito de osmose para resolver uma situação problemática, mas familiar – por que uma folha de alface murcha quando é temperada? Queremos entender como os estudantes elaboram explicações usando o conhecimento de osmose.

## O ensino de ciências e as explicações científicas

Na escola, consideramos explicações como um conjunto de proposições formuladas pelos estudantes para descrever e explicitar seu entendimento sobre um fenômeno, processo ou evento. As explicações podem ser mais ou menos coerentes e mais ou menos influenciadas pelo conhecimento do senso comum ou pelo conhecimento escolar. Como professores gostamos ou tendemos a valorizar as explicações que acreditamos estarem mais próximas ou mais coerentes com as explicações científicas.

Várias foram as tentativas de sistematizar as explicações científicas em categorias mais gerais. Gilbert *et al* (1998) propõem uma categorização que considera a expectativa gerada a partir da questão colocada. Para eles algumas questões podem requerer uma explicação intencional, outras podem requerer descrições, interpretações, previsões ou ainda, explicações causais.

Um tipo de explicação intencional comum em Biologia é a explicação teleológica. São consideradas teleológicas aquelas explicações que apelam para causas finais, isto é, assumem que existe um propósito nos eventos e objetos. Ao dizer que as plantas crescem em direção à uma janela para buscar a luz do Sol ou que uma ave possui asas para voar, estamos utilizando uma explicação teleológica. Embora o uso deste tipo de explicação seja bastante comum no nosso cotidiano, na área de pesquisa e ensino de Biologia as discussões sobre o emprego deste tipo de explicação são bastante controversas. Isto porque, na área de pesquisa em ensino de ciências, há uma tendência em se considerar as explicações teleológicas como sendo concepções alternativas dos estudantes e que, por isso mesmo, devam ser substituídas pelas explicações científicas.

Autores como Zohar *et al* (1998) vão contra a corrente e defendem o valor pedagógico das explicações teleológicas. Para eles, as explicações teleológicas e também as antropomórficas – aquelas que atribuem qualidades humanas para outros seres vivos - são comuns em biologia não só porque a estrutura física de um organismo parece ser orientada para um fim, em função de sua adaptação ao ambiente, como também pela tendência que as pessoas têm de, a partir de suas experiências, identificar metas e objetivos nos fenômenos que eles percebem no mundo. Estes pesquisadores alertam, no entanto, que apesar do seu valor pedagógico e explicativo, as explicações teleológicas podem confundir os estudantes levando-os a acreditar que elas podem ser legitimamente

tratadas como explicações causais. Barahona (1998) também reconhece nas explicações teleológicas um certo valor pedagógico já que elas estabelecem uma relação de interação do organismo com o meio. Ayala (1998) argumenta que a parte teleológica de uma explicação causal pode mostrar a importância de um determinado órgão porque revela como aquele órgão contribui para adequação do organismo no meio.

*“não adianta explicarmos como funciona um olho se não dissermos que ele serve para ver”.*

À princípio, influenciada pelas leituras dos trabalhos publicados na área de Concepções Alternativas, tivemos uma tendência de identificar entre as explicações dos estudantes, aquelas que eram consideradas concepções alternativas, entre elas as explicações teleológicas (Martins e Borges, 2001). No entanto ao reexaminarmos o material empírico percebemos que as explicações dos estudantes revelavam-se muito complexas. Muitas explicações, aparentemente teleológicas, continham informações que só poderiam ter sido aprendidas na escola, como por exemplo, o conhecimento sobre o processo de osmose. Claramente elas não poderiam ser incluídas na categoria de explicações teleológicas externalistas, ou seja, aquelas explicações que atribuem o propósito ou fim a uma entidade racional exterior. No máximo elas poderiam ser consideradas como explicações teleológicas imanentes no sentido aristotélico: os propósitos não dependeriam de uma mente ou intenção, mas da capacidade dos seres vivos em buscarem uma certa organização.

Uma outra perspectiva de análise e interpretação das explicações elaboradas pelos estudantes foi tomá-las como explicações funcionais no sentido de Maturana (2001 e 2002).

Para Maturana as explicações são proposições apresentadas como reformulações de uma experiência, aceitas como tais por um ouvinte. Isso quer dizer que o ouvinte determina o critério de validação da proposição no domínio da práxis em que ela se dá. Segundo Maturana, no domínio da ciência, os critérios de validação atendem a quatro condições:

- reconhecer um fenômeno a ser explicado descrevendo as ações que um observador-padrão deve fazer para experienciá-lo;
- propor um mecanismo gerativo que gera o fenômeno que se quer explicar;
- deduzir outras experiências a partir do operar do mesmo mecanismo;
- realizar as experiências deduzidas anteriormente.

Maturana considera que tanto o reconhecimento do fenômeno a ser explicado como o mecanismo gerativo a ser proposto para explicá-lo estão diretamente conectados à história pessoal de cada um. Isso leva à admissão de que em um mesmo domínio observadores diferentes podem aceitar proposições diferentes como explicações válidas para um mesmo fenômeno. É a atuação no interior de uma comunidade que validará uma explicação ou outra. A comunidade pode apresentar-se dividida, oscilando entre explicações distintas para o mesmo fenômeno.

É isto também que ocorre na sala de aula em relação às explicações dos fenômenos biológicos. A validação das explicações dos estudantes é feita pela comunidade escolar e, em particular, pelo professor. Somos nós professores que aceitamos ou não as explicações dos estudantes como válidas.

Ao tomarmos as explicações teleológicas dos alunos como concepções alternativas estávamos impondo um critério de validação não consensualmente aceito naquela comunidade. É comum encontrarmos explicações teleológicas em livros didáticos e paradidáticos de biologia, em artigos científicos e também na fala dos professores. Ao reconhecer isso, tomamos uma atitude mais parcimoniosa para com o esforço dos estudantes, e passamos a considerar as explicações elaboradas por eles, em especial aquelas que haviam sido consideradas teleológicas, como um esforço verdadeiro e legítimo de descrever um fenômeno a ser explicado e de expor o mecanismo gerativo capaz de produzi-lo.

## Algumas considerações sobre a elaboração de explicações pelos estudantes

A elaboração de uma explicação depende do uso de conhecimentos de diferentes naturezas. Quando tentamos explicar alguma coisa podemos estar usando um conhecimento do senso comum ou um conhecimento escolar, entre outros.

Ao usar um conhecimento escolar para estruturar e reconhecer aquilo que precisa ser entendido e explicado em uma situação problemática o estudante deveria de alguma forma evocar seus conhecimentos escolares relacionados ao tema. Mas, o processo de evocação não parece ser imediato, ao contrário, aparentemente a evocação é disparada por pistas e dicas que pertencem à situação problemática. Seria bom para nós, enquanto professores entendermos a natureza deste processo de evocação, em particular entendermos o que faz disparar o gatilho da evocação dos conhecimentos utilizados na elaboração de explicações e quais os mecanismos envolvidos nesta evocação.



Neste sentido, podemos perguntar: qual é a importância do foco de atenção na seleção dos particulares que contribuem na evocação de um determinado conhecimento?

## O papel da contemplação

O disparo da evocação de um conhecimento pode estar estreitamente ligado ao que promove o engajamento do estudante em uma atividade qualquer. Este engajamento pressupõe um certo comprometimento pessoal a ponto levar àquilo que Schön (1987) denomina de “suspensão da descrença”, isto é, se permitir uma interação aberta com a tarefa, colegas e professor. Mas o que leva os estudantes a se engajarem em uma atividade mental que está relacionada à tarefa?

Queremos destacar as idéias de Kuhn *et al* (1998) para quem as condições para que isto aconteça envolvem o fenômeno da “contemplação”. Ou seja, estar envolvido com atividades específicas através das quais, continuamente, nós articulamos nossos pensamentos para pensar sobre eles, escrever ensaios sobre eles, avaliar evidências olhando para eles. São engajamentos que impõem um mínimo de investimento do sujeito e são completados em um breve período de tempo. Os estudos feitos por Kuhn *et al* têm indicado que a contemplação leva a um aumento na complexidade dos argumentos.

Kuhn *et al* discutem que em estudos sobre mudança de opinião, principalmente sobre temas e crenças sociais, o efeito da contemplação é negativo ou inexistente. No entanto eles defendem que no campo de mudança conceitual em ciências a contemplação tem um efeito positivo. Nós estamos considerando a contemplação como uma possibilidade de disparar o gatilho da evocação. Em nossa coleta de dados incorporamos desde o

primeiro desenho das atividades tarefas que envolviam a contemplação. Um primeiro episódio de contemplação iniciava a tarefa e tinha por propósito provocar o engajamento do estudante na tarefa de distinguir o que precisaria ser explicado. Em um segundo episódio nós apresentamos um conjunto de proposições com dicas, algumas falsas, outras verdadeiras, sobre o processo de osmose. Após esta oportunidade de contemplação os estudantes re-elaboravam suas explicações sobre o murchar da folha de alface. Nossa expectativa era a de que este engajamento propiciasse a evocação do conhecimento escolar sobre osmose e que tal evocação se refletisse nas explicações reformuladas.

## Os processos metacognitivos

Temos um particular interesse na discussão proposta no campo da metacognição porque em nossa pesquisa queremos entender como os estudantes utilizam um conhecimento escolar, no caso o conhecimento sobre osmose, para resolver algumas situações problemáticas apresentadas durante uma tarefa orientada. As teorias desenvolvidas nesta área podem nos dar algumas pistas já que, segundo Nelson e Narens (1994), elas consideram que as pessoas possuam mecanismos autoreflexivos para avaliar e reavaliar seu progresso cognitivo e mudar durante esse processo.

Vamos considerar aqui, a concepção de metacognição proposta por Thomas Nelson (1998). Ele define metacognição como o estudo científico sobre o conhecimento que as pessoas possuem sobre seu próprio conhecimento e, nesse sentido, ela é entendida não como parte da cognição, mas como um tipo especial de cognição. Para Nelson, temos um processo metacognitivo quando identificamos um aspecto da cognição controlando

ou monitorando outro aspecto da cognição. A metacognição está relacionada aos mecanismos de reflexão envolvidos nos processos que podem facilitar a aquisição e/ou a lembrança de conhecimentos.

O controle metacognitivo pode ser entendido como os processos que estão envolvidos na autoregulação dos processos cognitivos que foram desencadeados pelo monitoramento. Ele envolve processos auto-reguláveis que direcionam a seleção de estratégias que podem nos levar a uma mudança de comportamento (CARY e REDER 2002).

Já o monitoramento está relacionado aos processos de avaliação do sistema cognitivo. São processos que permitem ao indivíduo observar, refletir ou experienciar seus processos cognitivos. Refere-se ao conjunto de informações que uma pessoa tem sobre a performance de seu conhecimento, isto é, o conhecimento que ela tem sobre seu conhecimento. Ao final da leitura de um texto, podemos ter a sensação de que entendemos ou não entendemos o texto. O monitoramento revela o estado da pessoa em relação à sua cognição em curso. E, segundo Nelson (1994), pode estar relacionado ao julgamento de quanto um assunto é fácil ou difícil, ao julgamento do que foi aprendido e à sensação de saber

O monitoramento do tipo “sensação de saber” ocorre durante ou após a aquisição e está relacionado ao julgamento que fazemos sobre o conhecimento de um assunto ou de como aquele assunto pode ser lembrado, posteriormente, em um teste. É um julgamento rápido e preliminar que opera automaticamente e guia a ação de lembrança (MINER *et al* 1994).

Nelson (1996) sugere que quando fazemos um julgamento que envolve o monitoramento do tipo “sensação de saber” temos acesso aos nossos conhecimentos idiossincráticos.

Podemos entender este tipo de monitoramento metacognitivo com a seguinte situação: quando somos questionados sobre algum assunto fazemos inicialmente uma avaliação sobre o conhecimento que temos sobre ele. Esta avaliação sobre o que sabemos ocorre em duas escalas de tempo distintas. A princípio fazemos um julgamento da “sensação de saber”, ou “de não saber” aquele assunto. Quando nosso julgamento da sensação de saber é positivo nós nos engajamos em uma tentativa de evocar os conhecimentos que sentimos possuir. Após algum esforço de busca, ou seja, em outra escala de tempo, nosso exercício é o de avaliar a lembrança que temos do conhecimento. O julgamento de confiança que fazemos em relação à lembrança pode ser coincidente ou contrário à sensação de saber. Esta dupla atividade avaliativa sobre nosso conhecimento a respeito de um assunto são atividades metacognitivas distintas.

Um outro tipo de monitoramento metacognitivo do tipo `sensação de saber` está relacionado a algo que ainda não lembramos mas que pode ser lembrado quando nos é apresentado em um teste (NELSON, 1998). Podemos reconhecer a resposta de uma questão ou o número de um telefone em uma lista de respostas ou em um caderno de endereços. Neste caso, nossa lembrança estaria relacionada a pistas que identificamos na lista de respostas ou mesmo no caderno de endereços. O modo de escrever o número do telefone pode ser uma pista importante.

A “sensação de saber” não monitora diretamente a lembrança de um determinado assunto na memória, mas monitora a evocação de aspectos relacionados àquele assunto

como por exemplo a história de sua aquisição (KORIAT, 1993, NELSON e NARENS, 1994).

Cary e Reder (2002) mostram em um artigo de revisão sobre o estudo da metacognição que existem evidências indicando que, durante a realização de uma tarefa, as pessoas usam diferentes tipos de estratégias para encontrar a resposta como por exemplo procurá-la na memória ou fazer uma inferência. Neste caso, a seleção parece ter interferência de fatores intrínsecos e extrínsecos. Entre os fatores extrínsecos elas indicam a familiaridade com a tarefa ou com os termos usados na proposição da tarefa. Por exemplo, a exposição a itens com alta familiaridade podem produzir uma forte `sensação de saber` (KORIAT e LEVY-SADOT, 2001) e isto pode afetar o modo com a pessoa fará a busca para encontrar a resposta.

Já, entre os fatores extrínsecos, Cary e Reder (2002) citam a importância do contexto em que a tarefa é desenvolvida e a história de sucesso com uma determinada estratégia.

Em nossa pesquisa, a atividade realizada pelos estudantes foi cuidadosamente elaborada para permitir o uso de habilidades metacognitivas dessa natureza. Ao longo da atividade, o estudante era estimulado a refletir, avaliar e elaborar explicações compatíveis com o fenômeno de murchamento de uma folha de alface que havia sido temperada. Partimos do pressuposto que os estudantes já tinham algum conhecimento sobre o processo de osmose pois este tema já havia sido discutido ao longo do ensino médio, em diferentes contextos de ensino.

A atividade que elaboramos apresentava dicas sobre o processo de osmose que poderiam ou não ser reconhecidas pelos estudantes durante a tarefa. Ao solicitarmos a elaboração de explicações que envolviam a evocação de um conhecimento que,

supostamente, eles deveriam ter, estávamos induzindo o uso de habilidades metacognitivas.

Neste trabalho de tese vamos tentar entender alguns aspectos metacognitivos envolvidos na resolução de uma tarefa. Assim, outras questões se colocaram para serem pesquisadas:

- Qual a importância das pistas fornecidas pela atividade para a elaboração das explicações pelos estudantes?
- Como os estudantes usam consciente ou inconscientemente estas pistas para reconhecer que o conhecimento de osmose deve ser utilizado?
- Qual é a participação dos processos metacognitivos na elaboração de explicações que envolvem um conhecimento escolar?

Estas e outras questões serão discutidas nos próximos capítulos desse trabalho. Vamos argumentar que a qualidade das explicações dos estudantes bem como suas teorias-em-uso dependem das pistas que foram selecionadas durante a tarefa.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGIA DA PESQUISA

Sabíamos de antemão da dificuldade imposta por uma pesquisa que tinha como objetivo estudar questões relacionadas ao uso de um conhecimento escolar em uma situação do cotidiano do aluno. Frente a esta dificuldade, optamos por uma metodologia de simulação do cotidiano. Estamos denominando desta forma para enfatizar que a atividade foi destacada de sua ocorrência natural e despida das circunstancialidades envolvidas em todas atividades cotidianas.

Consideramos que a maioria dos estudantes, senão todos, já vivenciaram a experiência de temperar uma salada de folhas de vegetais. Esta é uma situação que podemos considerar cotidiana das pessoas. Desse modo, nossa estratégia foi simular a realização de uma atividade do cotidiano, temperar uma folha de alface, no ambiente escolar.

#### O ambiente da pesquisa

A escola onde foi feita a pesquisa é pública, com forte tendência ao ensino teórico-prático. Além do ensino médio, a escola oferece 04 cursos técnicos diferentes: Patologia Clínica, Instrumentação, Eletrônica e Química que são cursados concomitantemente ao Ensino Médio. Assim, temos turmas de estudantes que só fazem o ensino médio e outras que fazem as duas modalidades de ensino.

A coleta de dados foi realizada em quatro etapas distintas: no ano de 2000 realizamos um estudo piloto do qual participaram 67 estudantes da terceira série; em 2001 uma

nova coleta, também com 67 estudantes de três turmas da terceira série. Em 2002 realizamos entrevistas com 4 duplas de estudantes também da terceira série, em 2003, realizamos uma nova coleta com estudantes da segunda e terceira séries dos diferentes cursos oferecidos pela escola. Nesta última coleta obtivemos dados de 211 estudantes.

## Estabelecendo compromissos

A atividade foi previamente combinada com os estudantes e foi realizada em uma aula de biologia de 100 minutos. Nos anos de 2000, 2001 e 2002, os estudantes participantes da coleta de dados eram também meus alunos de biologia. No ano de 2003, participaram todas as turmas de segundo e terceiro ano, inclusive aquelas em que eu não era a professora. Em todas as turmas esclareci sobre a importância de uma atividade de coleta de dados para pesquisa e me comprometi em resolver todas as dúvidas sobre o assunto após o término da atividade.

Para evitar qualquer viés analítico, ao combinar com os estudantes o dia da coleta de dados, esclareci que a atividade que eles iriam realizar era de participação voluntária, não pertencia a seqüência de atividades curriculares programadas para aquela série e que, além disso tudo, não tinha caráter avaliativo. Informei a eles que todo o material coletado seria identificado apenas com um número que foi sorteado entre os estudantes no início da atividade. Este número sigiloso, era de conhecimento somente de cada estudante. Isto significa que não tive acesso à identificação de qualquer dado coletado. Desse modo, fica garantido que na análise, estou considerando apenas o registro escrito dos estudantes e não de seu desempenho em sala de aula ou em qualquer outra atividade escolar.



A atividade foi realizada nos laboratórios da escola. Estes laboratórios são amplos e possuem bancadas, em torno das quais os alunos se assentam. Antes do início da atividade, reiterei sobre a importância do trabalho e solicitei que eles não trocassem idéias com os colegas e, ainda, que não comentassem com os colegas de outras turmas sobre a atividade que estava sendo realizada de modo a manter o sigilo sobre o assunto que estava sendo pesquisado.

## A atividade desenvolvida

A atividade elaborada para a coleta de dados era constituída de duas partes principais. A primeira parte tinha o objetivo de engajar o estudante na tarefa, exercitar sua capacidade de observação e de produzir descrições.

A segunda parte era constituída de afirmativas contendo informações sobre o processo de osmose e que deveriam ser avaliadas pelos estudantes. Estas afirmativas tinham também o objetivo de avaliar as habilidades metacognitivas dos estudantes. A seguir apresentamos um detalhamento das tarefas desenvolvidas na atividade de coleta de dados em toda a pesquisa.

### **Parte I**

Cada estudante recebeu um prato, um frasco contendo água e sal (tempero) e uma folha de alface que foi sendo destacada do pé à medida que era entregue ao estudante.

Os estudantes receberam também folhas de papel para registro das respostas que seriam solicitadas. Nestas folhas, eles se identificaram com um número que foi sorteado durante a atividade.

Inicialmente, com o uso de um aparelho de projeção, apresentamos um texto que tinha o objetivo de chamar a atenção dos estudantes para algumas características da folha de um vegetal, em especial a firmeza das folhas “frescas”.

*Folhas de vegetais possuem características peculiares. Possuem, entre outras características, cor, forma e textura próprias de cada planta. Quando destacadas da planta, apresentam, por algum tempo, uma firmeza que lhe dá o aspecto de frescas. A folha de alface que está sobre a sua bancada foi recém destacada do “pé de alface”. Tente descrever esta folha da melhor maneira possível, levando em consideração os aspectos levantados no texto.*

Após a leitura do texto, solicitamos aos estudantes que elaborassem uma descrição da folha de alface que eles haviam recebido.

A seguir, utilizando um aparelho de projeção, apresentamos cada uma das 6 questões que deveriam ser respondidas na folha de resposta. Estas questões solicitavam que os estudantes fizessem: a) uma previsão do que aconteceria com a folha após ser temperada (questão 3); b) uma descrição da folha temperada e uma comparação do aspecto da folha antes e depois do tempero (questões 4, 5 e 6) c) uma explicação sobre o que aconteceu com a folha alface após a colocação do tempero. As questões utilizadas nesta atividade fazem parte do ANEXO 1.

Todas as respostas dos estudantes foram registradas na folha de papel identificadas com o número sorteado e recolhidas no final da primeira parte da atividade.

## **Parte II**

Ao elaborarmos as atividades utilizadas para a coleta de dados, partimos do pressuposto que os estudantes pesquisados tinham um certo conhecimento sobre osmose, já que eles já haviam estudado o tema ‘osmose’ em séries anteriores, em diferentes contextos de aprendizagem.

Sobre estes conhecimentos dos estudantes, estávamos interessados especialmente em obter informações sobre o que os estudantes sabiam sobre osmose, e o que os estudantes “sabiam que sabiam” sobre este processo. Para isto elaboramos um instrumento de coleta de dados que tinha duas funções principais: 1) avaliar o conhecimento sobre osmose e 2) obtermos um dado que pudesse ser compatível com a habilidade metacognitiva dos estudantes.

O instrumento de coleta de dados que foi especialmente elaborado para estas duas funções era constituído de um tipo de questionário com afirmativas verdadeiras e falsas (ANEXO 2) sobre o processo de osmose. Cada uma das afirmativas foi considerada como um item constituído de duas respostas possíveis (V ou F). O desempenho neste teste nos forneceu informações sobre o conhecimento dos estudantes em relação ao tema osmose.

Além disso, para cada item, os estudantes deveriam indicar o quanto eles confiavam na resposta ao item, atribuindo notas de 1 a 11 para esta confiança. Estamos considerando que este dado pode nos dar informações sobre habilidades metacognitivas dos estudantes.

Com o auxílio de um aparelho retroprojetor, as afirmativas que constituíam o teste foram projetadas, uma a uma e os estudantes tinham cerca de 20 segundos para

avaliarem cada uma delas, indicando em uma folha de respostas se consideravam a afirmativa verdadeira ou falsa e atribuir notas de 1 a 11 para sua confiança em relação à resposta. Após a avaliação de todas as afirmativas, o estudante deveria elaborar uma segunda explicação sobre o que havia acontecido com a folha de alface após a colocação do tempero.

## Metodologia de análise dos dados

As respostas dos estudantes às questões da primeira parte da atividade, bem como da questão 8 foram analisadas e categorizadas qualitativamente, de acordo com sua natureza epistemológica e compatibilidade com a teoria de osmose. Iremos detalhar esta descrição no capítulo 4.

Já as respostas dos estudantes à avaliação das afirmativas, bem como os valores atribuídos à confiança em cada resposta, foram utilizados, respectivamente, para o cálculo do escore sobre o conhecimento (proficiência em osmose) e das habilidades metacognitivas de cada estudante.

## Dados da pesquisa piloto e pesquisa de 2001

Os testes que compunham a parte II da pesquisa piloto e da pesquisa realizada em 2001 continham 15 (ANEXO 2a) e 16 afirmativas (ANEXO 2b), respectivamente sendo que cinco eram comuns aos dois testes. Ao submetermos estes dados às análises estatísticas mais finas constatamos que o tamanho da amostra havia sido pequeno. Desse modo, optamos em fazer uma nova coleta com um número maior de estudantes utilizando um teste com um maior número de itens.

## A pesquisa de 2003.

No ano de 2003, realizamos uma nova coleta de dados. Para esta coleta convidamos os estudantes da segunda e terceira séries da escola, totalizando 211 estudantes (145 da segunda série e 66 da terceira série). O teste aplicado nesta coleta continha 30 itens dicotômicos (Anexo 3).

As afirmativas que constituíam os itens desta fase da pesquisa foram avaliadas previamente por professores experientes do ensino médio e testadas, inicialmente, em duas turmas da terceira série. As afirmativas, consideradas de difícil interpretação pelos professores ou que apresentaram um alto índice de dificuldade, foram substituídas por outras, já testadas anteriormente. Desse modo, tentamos minimizar o viés da dificuldade de interpretação das afirmativas pelos estudantes.

As afirmativas foram qualificadas, pelos professores, em fáceis, médias e difíceis. Formamos conjuntos de três afirmativas, uma de cada tipo em relação ao grau de dificuldade. A ordem com que os conjuntos de afirmativas apareceram no teste foi determinada por sorteio. Entretanto reservamos as afirmativas que apresentavam explicitamente a palavra *osmose* para serem sorteadas na segunda metade do teste. Isto porque consideramos que a palavra *osmose* agrega uma grande quantidade de conhecimento e desse modo, ao ser apresentada em uma afirmativa, logo no início da atividade, poderia interferir na avaliação de outras que foram apresentadas posteriormente.

Além de avaliar o conteúdo das afirmativas, os estudantes indicavam o grau de confiança que tinham na resposta que tinham dado para cada uma das afirmativas. As folhas de respostas dos estudantes foram inicialmente agrupadas por turma e em ordem

crescente de NIS e os dados transcritos para uma planilha do Excel, respeitando-se a turma e o NIS.

Atribuimos para cada resposta correta o valor 1 e para cada resposta incorreta o valor 0. A partir da soma dos pontos atribuídos aos itens respondidos corretamente, foi obtido o escore total bruto de cada estudante.

Em relação ao grau de confiança consideramos os valores integrais, atribuídos pelo estudante, aos itens que ele acertou. No entanto, percebemos que muitos estudantes atribuíram notas baixas para sua confiança a algumas respostas. Este fato nos chamou a atenção. Um estudante que acerta ou erra um teste, mas atribui uma nota muito baixa para a confiança que ele tem sobre aquele conhecimento está revelando que não sabe a resposta do item, e independentemente de acertar ou não, sua resposta será “um chute”.

Como queremos ter informações sobre o conhecimento de osmose dos estudantes nos parece inadequado atribuir pontos àquelas questões em que reconhecemos que o estudante “chutou” a resposta, independentemente de ele ter acertado ou não. Assim, os valores de escore que iremos considerar em nossa análise foram re-calculados, considerando somente os pontos obtidos por cada estudante nas respostas em que o grau de confiança era maior ou igual ao valor 4. Obtivemos dessa forma um escore que denominamos escore reduzido.

Há uma forte correlação entre os escores calculados pelos dois procedimentos ( $R^2 = 0,839$ ). Isso indica que um deles pode ser usado para prever o outro. E, ao nosso ver, nos parecem indicadores razoavelmente adequados da proficiência em osmose. No entanto, pela sua maior coerência teórica, optamos por utilizar o escore reduzido como indicador da proficiência em osmose.

Ao assumirmos os valores de escore reduzido como dado de comparação, não estamos introduzindo um viés metodológico e, acreditamos estar sendo mais coerentes na avaliação do desempenho do estudante em relação ao conhecimento de osmose.

Para obtermos informações sobre as habilidades metacognitivas, consideramos os valores atribuídos pelos estudantes à confiança que tinham nas respostas às afirmativas que compunham o teste da segunda parte da atividade. Porém fizemos a seguinte interpretação das notas atribuídas à confiança: um estudante que responde incorretamente a um item e atribui um valor baixo para confiança sabe que não sabe a resposta, ou seja tem alto controle metacognitivo. Por outro lado, um estudante que errou um item, mas atribuiu uma nota alta para sua confiança não tem controle metacognitivo ou seja ele não sabe que errou. Assim, para os itens que foram respondidos incorretamente, fizemos uma correção atribuindo-lhe um novo valor que foi obtido subtraindo-se de 12 o valor inicialmente atribuído pelo estudante. Após esta correção, obtivemos valores que podem indicar a habilidade metacognitiva de cada estudante.

Nossa expectativa era de que o estudante, ao ler as afirmativas, reconhecesse as dicas relativas ao processo de osmose e que estas dicas pudessem propiciar a mobilização de outros conhecimentos sobre o processo de osmose que ele ainda não havia lembrado e, ainda, que fosse capaz de utilizar estes conhecimentos na elaboração de uma nova explicação sobre o que aconteceu com a folha de alface.

Nosso entendimento é que esta atividade de avaliação propiciou o uso de habilidades metacognitivas e que podemos obter informações sobre elas. Ou seja, o grau de confiança declarado pode nos permitir avaliar o que os estudantes “sabiam que sabiam”

sobre osmose. Assim, acreditamos que seja possível obter um perfil metacognitivo dos estudantes em relação ao conhecimento de osmose.

Todos os dados coletados foram tratados estatisticamente e algumas opções de análises serão detalhadas no capítulo em que apresentaremos os resultados.

## Buscando dados para triangulação

Com o objetivo de buscar descrições mais detalhadas sobre os processos envolvidos na resolução de uma situação problemática, organizamos uma coleta de dados verbalizados. Nesta coleta, os estudantes realizaram a mesma atividade aplicada nas coletas anteriores, porém eram entrevistados pela pesquisadora enquanto realizavam a atividade. Os estudantes participantes desta etapa estavam na 3ª série do ensino médio e após convite, se dispuseram a participar da pesquisa voluntariamente. A atividade foi desenvolvida em duplas, em dia e horário previamente combinados com a pesquisadora.

A atividade era iniciada com a leitura do texto que descrevia a folha de alface, os estudantes registravam suas descrições, individualmente, na folha de respostas e posteriormente cada resposta era lida em voz alta, o que propiciou uma oportunidade de discussão entre os participantes da dupla com a pesquisadora. Durante a entrevista a pesquisadora solicitava esclarecimentos de falas e as razões que os levaram a elaborar as explicações apresentadas.

As entrevistas foram gravadas em áudio e durante sua análise buscamos, nas falas dos estudantes, pistas que pudessem nos ajudar a entender como eles usam seus conhecimentos para formularem explicações. Em especial, estávamos em busca da identificação de pistas, contidas nas afirmativas, que pudessem, de alguma forma,



mudar o modo com que o estudante estava entendendo o que acontecia com a folha de alface. Apresentaremos no Capítulo 6 uma interpretação dessas entrevistas

Sistematizamos no Quadro 1 as coletas realizadas, o número de participantes em cada coleta e o tipo de tratamento a que foram submetidos os dados de cada coleta realizada.

**QUADRO 1** - Tipo de coleta e tratamento de dados realizado na pesquisa.

	Número de participantes	Série	Tipo de dado	Tratamento
Piloto	67	3	Lápis e papel	Qualitativo
Coleta 2001	67	3	Lápis e papel	Qualitativo
Coleta 2002	12	3	Entrevista semi estruturada e Lápis e papel	Qualitativo
Coleta 2003	211	2 e 3	Lápis e papel	Qualitativo e quantitativo

Ao realizarmos o registro das respostas dos estudantes às questões que constituíam a atividade, verificamos que alguns estudantes deixaram de responder a algumas das questões propostas. Nossa opção foi a de excluir os dados desses estudantes de todas as análises estatísticas que associavam proficiência e habilidade metacognitiva com qualidade de resposta. Nosso grupo de pesquisa foi, então reduzido a 187 estudantes – 131 da segunda série e 56 da terceira série.

## **CAPÍTULO 4**

# **O CONHECIMENTO SOBRE OSMOSE E AS HABILIDADES METACOGNITIVAS DOS ESTUDANTES PESQUISADOS**

As análises preliminares dos resultados obtidos na pesquisa piloto foram fundamentais para o andamento da pesquisa pois elas nos fizeram mudar o foco de estudo. Isto porque as explicações que os estudantes elaboraram ao longo da atividade apresentavam evidências de que eles, de fato, usavam um conhecimento escolar, o conhecimento de osmose, em uma situação simulada do cotidiano. Estes resultados, de certa forma foram surpreendentes pois não esperávamos que as explicações elaboradas pelos estudantes fossem de natureza tão complexa como aquelas que obtivemos (MARTINS e BORGES, 2001). Isso nos levou a ampliar a investigação explorando as seguintes questões:

- Qual o papel do conhecimento em osmose e das habilidades metacognitivas no desempenho do estudante na atividade desenvolvida?
- Como os estudantes elaboram suas explicações?
- Que aspectos da atividade são importantes na elaboração das explicações dos estudantes?

Iremos, neste capítulo, apresentar nossas opções de análise dos resultados sobre o desempenho dos estudantes no teste e discutir o papel do conhecimento de osmose e das habilidades metacognitivas dos estudantes na resolução do seguinte problema: Por que a folha de alface murcha quando é temperada?

## Estimando a proficiência em osmose – opções metodológicas e análise

Para as estimativas da proficiência em osmose e habilidade metacognitivas dos estudantes foram usados os dados coletados em 2003. Para esta coleta, o instrumento que elaboramos para avaliar a proficiência dos estudantes em osmose era constituído de 30 itens dicotômicos, do tipo F ou V.

A cada resposta correta atribuímos o valor 1 e para as incorretas o valor zero. Além disso, como foi detalhado no capítulo de metodologia, atribuímos nota zero aos itens que o estudante acertou ao acaso. Este acaso foi identificado pelo valor de confiança atribuído pelo estudante à resposta. O escore de cada estudante foi obtido a partir da soma dos itens considerados corretos.

Mas, qual é o significado dos valores de escore? Como podemos interpretá-los? Uma das opções é o uso do método clássico onde o escore é resultante da soma dos valores obtidos para cada um dos itens que foi respondido corretamente. Os estudantes são, então, ordenados conforme o valor bruto do escore obtido no teste. Obtemos com este procedimento uma escala que ordena os estudantes em função do desempenho no teste.

Porém, como ressaltam Harwell *et al* (2001), muitos dos procedimentos estatísticos usados nas pesquisas em educação, como o teste t e o teste F, requerem que a variável dependente tenha uma distribuição normal, o que implica em uma escala de medida que é intervalar e não ordinal. Outro problema do uso de escalas ordinais é que as diferenças relativas entre os valores que a compõem são desiguais em relação ao que está sendo medido (HARWELL *et al*, 2001).

Para solucionar este problema, Harwell *et al* (2001) propõem que os dados de escore devam ser transformados para uma escala intervalar. Eles argumentam que em uma escala intervalar a diferença relativa entre os valores são iguais em relação ao que está sendo medido. Por exemplo, em um teste de 30 itens em que o escore é obtido pela soma dos itens que foram respondidos corretamente, se a variável medida (escore) possuir uma escala intervalar, a diferença de proficiência refletida nos escores situados entre 15 e 20 é exatamente igual à diferença de proficiência refletida nos escores compreendidos entre 20 e 25.

Estamos considerando que a proficiência do estudante não é representada pelo valor de escore total obtido a partir dos itens que foram respondidos corretamente. O escore pode ser considerado o valor observável de uma variável manifesta (HARWELL *et al*, 2001), que tem tipicamente uma escala ordinal. Entretanto, sabemos que a variável manifesta pode ser relacionada à outra, não observável, que não pode ser medida diretamente, a variável latente, que possui tipicamente uma escala intervalar (McCOLLAM, 1998).

Os modelos estatísticos mais usados para estimar variáveis latentes, a partir do desempenho dos estudantes em um teste, são conhecidos como modelos de Teoria de Resposta ao Item (TRI). O modelo TRI usa uma função logística e produz uma estimativa da proficiência relacionando a probabilidade de resposta a um determinado item à variáveis latentes (McCOLLAM, 1998). Isto é, o modelo assume que uma variável não observável, latente, é responsável por todas as relações entre variáveis manifestas (observáveis). A relação entre a proficiência medida e a probabilidade de acerto é expressa em uma curva que é característica do item. A curva do item mostra que estudantes com diferentes proficiências têm probabilidades diferentes de acertar um

item. Para uma dada proficiência, quanto maior for a dificuldade do item, menor será a probabilidade de acerto.

Uma das diferenças entre a TRI e os testes clássicos de análise estatística, é que na TRI, a proficiência necessária para responder um item corretamente, não se expressa somente pelos pontos obtidos no teste. Outros parâmetros como a dificuldade e a discriminação do item são considerados. A dificuldade do item é representada pelo ponto, na escala de proficiência, para o qual a probabilidade de se ter uma resposta correta é de 50%. A discriminação está relacionada ao quanto um determinado item discrimina os estudantes de menor proficiência dos estudantes de maior proficiência.

Como estamos interessados em estimar a proficiência em osmose dos estudantes e ainda considerando as limitações impostas pela análise clássica, vamos converter nossos dados, que se apresentam em um escala ordinal, para uma escala intervalar.

É possível fazer esta transformação usando um modelo apropriado de Teoria de Resposta ao Item. Segundo McCollam (1998), o modelo TRI mais adequado para transformar dados provenientes de testes constituídos por itens com respostas dicotômicas é o modelo logístico de um parâmetro proposto por Rasch em 1960. O modelo Rasch mais simples supõe que a proficiência apresenta uma distribuição normal e permite calcular, para cada item, a probabilidade de acerto considerando a proficiência de cada estudante. Um dos programas disponíveis para realizar esta conversão é o WINMIRA.

Para entender a importância da transformação que fizemos vamos apresentar um exemplo hipotético. Suponha que tenhamos que ordenar um conjunto de dez objetos, designados por letras de A a J, em ordem crescente de temperatura. Podemos fazer isso

usando nosso julgamento subjetivo de sensação de quente e frio. Para isso tocamos com as mãos, simultaneamente, um par de objetos, por exemplo os objetos A e B. Se julgamos que B está mais quente do que A, podemos comparar A com os demais objetos até localizar o que está mais frio, segundo nossa sensação de quente e frio. Após localizar o objeto mais frio prosseguimos ordenando os objetos até produzirmos o ordenamento pretendido. Se ao final obtivermos a seguinte seqüência, na ordem crescente de temperatura, (A, C, E, B, J, H, I, D, G, F), podemos afirmar coisas tais como: o objeto F é o de maior temperatura; o objeto J tem temperatura maior do que o corpo E e menor do que o objeto I. Mas, não podemos afirmar, por exemplo, que a temperatura do objeto E (o terceiro na lista) é a metade da temperatura do objeto H (o sexto na nossa lista).

A escala que produzimos usando nosso julgamento subjetivo é uma escala ordinal. Ela apenas nos permite conhecer e comparar a posição, na lista ordenada, de um objeto em relação aos demais. Se quisermos acrescentar um novo objeto à nossa lista, teremos que fazer várias comparações até conseguirmos produzir um novo ordenamento que o inclua.

Por outro lado, poderíamos medir a temperatura dos objetos usando um termômetro, e usar o valor medido para ordenar os objetos. Se tivermos sido cuidadosos em nossas comparações sucessivas, o ordenamento que fizemos pode ser o mesmo obtido com o uso do termômetro. No entanto, o uso do termômetro produz um ordenamento de melhor qualidade. Ao usar o termômetro sabemos não só a posição de um objeto em uma escala como também sabemos sobre o valor de sua temperatura. Se quisermos incluir um objeto à lista, basta medirmos sua temperatura. O ordenamento baseado em

medida direta da temperatura está em uma escala intervalar, que permite comparar diferenças entre posições (temperaturas) dos objetos.

Os escores brutos que obtivemos, assim como quaisquer notas que atribuímos aos alunos, nos permitem apenas posicioná-los na escala ordinal de desempenho. A transformação que fizemos converte essa escala ordinal em uma escala intervalar de desempenho.

## Estimando habilidades metacognitivas

A estimativa das habilidades metacognitivas dos estudantes foi feita a partir do valor da confiança (entre 1 e 11) atribuído pelo estudante às suas respostas para cada um dos trinta itens que compunham o teste. Estes dados também foram transformados de uma escala ordinal para uma escala intervalar. Para isto usamos uma extensão do modelo Rasch para itens com mais de duas categorias (opção Rating Scaling Model) oferecida pelo WINMIRA. No modelo Rasch, implementado no WINMIRA, cada item é caracterizado apenas por um parâmetro, que é a sua localização na escala de proficiência. Essa localização corresponde à proficiência que um indivíduo que tem 50% de chance de acertar o item. Ao estender o modelo para itens com várias categorias de respostas, itens politômicos, cada item passa a ser caracterizado por um número de parâmetros igual ao número de categorias de respostas menos um. Esses parâmetros são conhecidos como transições. As transições surgem porque para cada item do teste dividimos o contínuo de habilidade em porções ordenadas, cada uma delas correspondente a uma das categorias de respostas. As transições separam duas categorias de respostas adjacentes no contínuo de habilidades. As transições indicam a

habilidade metacognitiva que um indivíduo necessita ter para ter igual probabilidade de optar por uma ou outra das duas categorias adjacentes em uma transição.

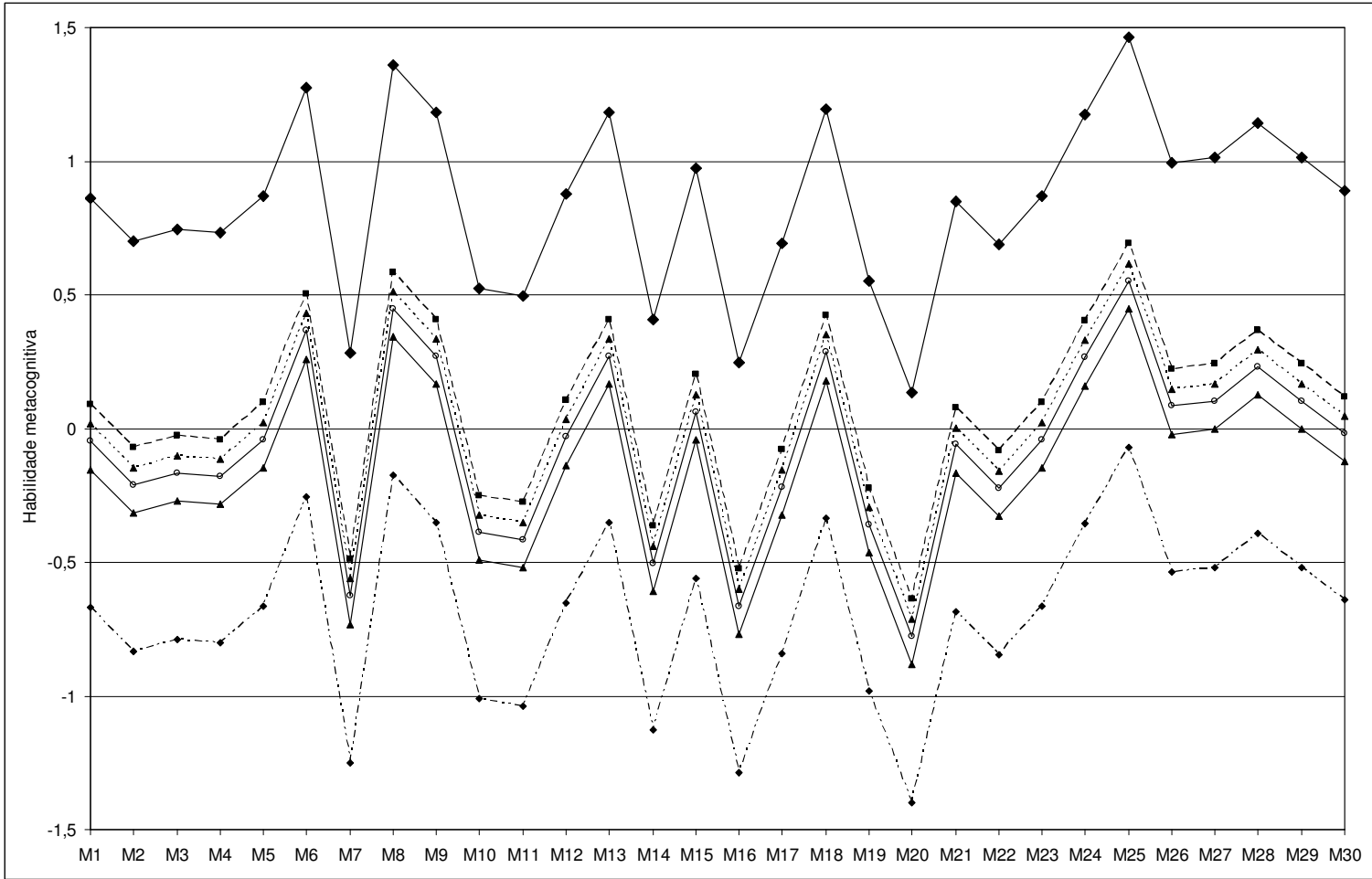
**QUADRO 2** - Nova categorização das classes de metacognição sobre a confiança na resposta

Classe atual	Classes originais
1	1
2	2, 3 e 4
3	5 e 6
4	7 e 8
5	9 e 10
6	11

O instrumento de coleta dados que utilizamos (30 itens com 11 respostas possíveis para cada um) geraria um número muito grande de categorias de respostas. Nós, ao aplicarmos o teste, obtivemos apenas algumas dessas categorias. Além disso, nos resultados alguns dos padrões de respostas apresentavam-se com poucos dados. Para localizar as transições o WINMIRA utiliza as frequências dos diversos padrões de respostas. A existência de muitos padrões com poucas ou nenhuma resposta leva a um embaralhamento no posicionamento das transições. Quando isso acontece é recomendável fazer uma redução no número de categorias. Fizemos isso colapsando as 10 categorias iniciais em apenas 6 classes, conforme mostra o QUADRO 2.

Com essas novas classes o WINMIRA calculou as cinco transições que caracterizam cada item e que podem ser visualizadas no GRAF.1.





**GRÁFICO 1** – Transições entre as classes de metacognição considerando os itens aplicados.

Nesse gráfico o eixo vertical corresponde ao espectro possível de habilidades metacognitivas, enquanto que no eixo horizontal estão os itens. A primeira linha, representada por pontos quadrados e linha cheia, demarca a transição entre classe de resposta 1 e 2, e portanto, corresponde à habilidade metacognitiva máxima que um estudante deve ter para optar pela classe de resposta 1 em cada item. Apenas pela inspeção do gráfico é possível perceber que há alguns itens – 20, 16 e 7 – sobre os quais o controle metacognitivo dos estudantes é maior, como se fossem itens fáceis metacognitivamente. Da mesma forma há itens metacognitivamente difíceis – 6, 8, 25 – sobre os quais eles têm pouco controle metacognitivo.

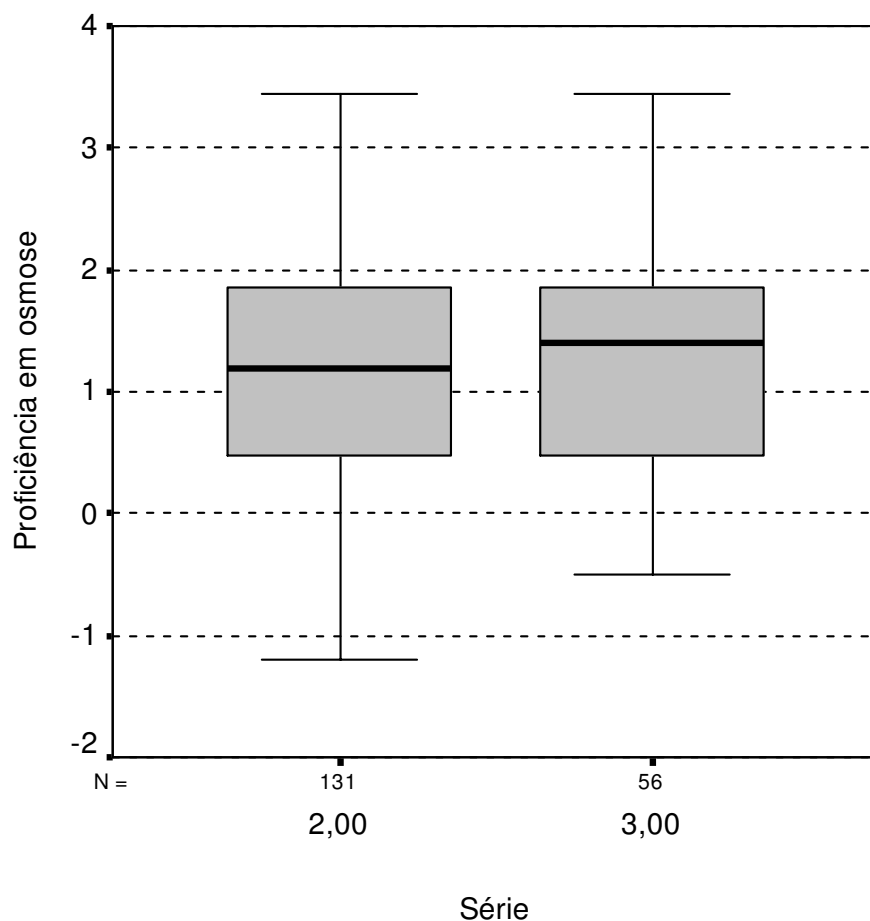
Além de calcular as transições entre as classes de resposta em cada item do teste o WINMIRA determina o escore que corresponde à variável latente que está associada aos itens e que nós denominamos habilidade metacognitiva, em uma escala contínua de -5 a 5.

## Apresentando os resultados

Após conversão, os dados foram usados para caracterizarmos nossa população de estudantes quanto à proficiência em osmose e habilidade metacognitiva, conforme descreveremos a seguir.

### Proficiência em osmose

Inicialmente caracterizamos nossa população com base nos valores da proficiência em osmose e da habilidade metacognitiva, segundo a série cursada. Comparando estudantes da segunda série com estudantes da terceira série, observamos que em relação à proficiência em osmose, as duas séries são muito semelhantes, GRAF.2.



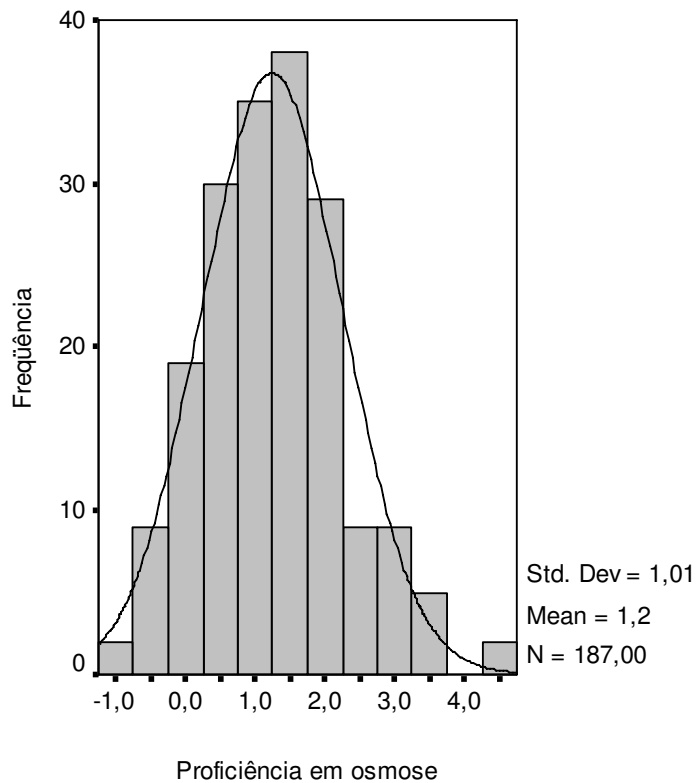
**GRÁFICO 2** - Proficiência em osmose dos estudantes da segunda e terceira série

Embora a mediana da terceira série seja ligeiramente superior à da segunda série, o teste de diferença de medianas indicou que a diferença não é significativa ( $t=-1,027$ ;  $df=185$ ,  $p=0,3057$ ). O teste ANOVA também indicou que não há diferenças significativas ( $F=0,682$ ;  $p=0,41$ ) no desempenho médio dos estudantes das suas séries.

Assim, em nossas análises não iremos discriminar estudantes da segunda ou da terceira série que participaram da coleta de dados. Este resultado já era esperado, tendo em vista que todos os estudantes já haviam estudado osmose em diferentes contextos de sua vida

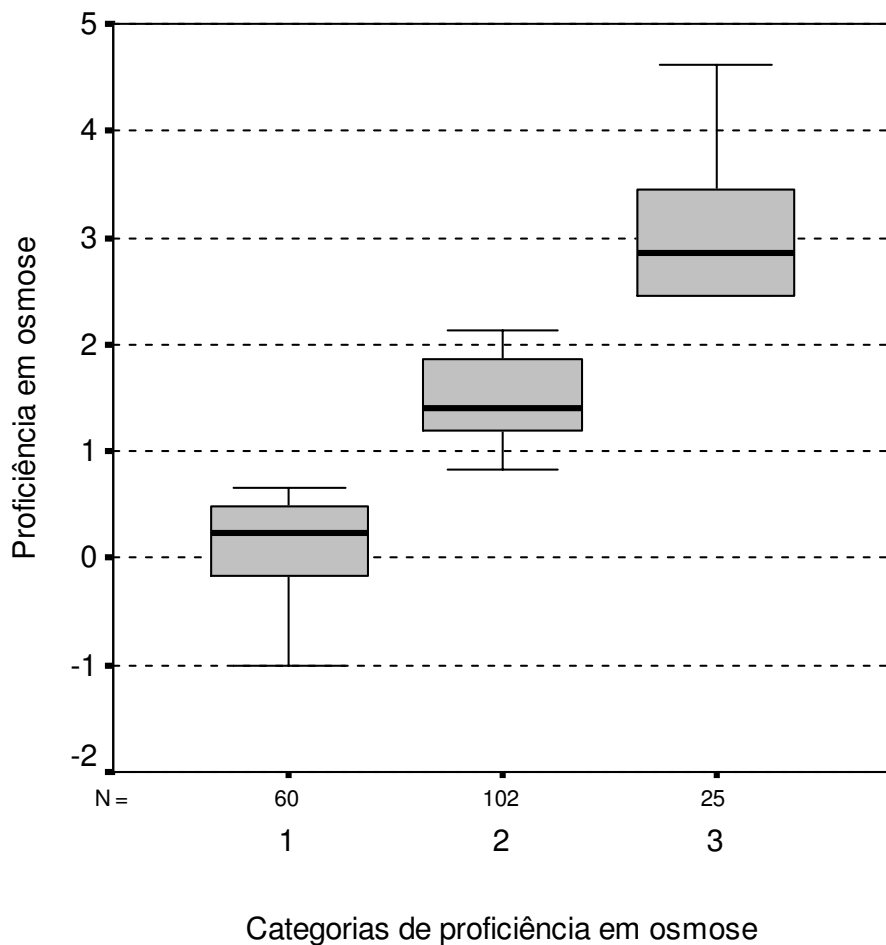
escolar, e, particularmente no ensino médio, uma vez que este conteúdo é preferencialmente trabalhado nesta etapa de ensino.

Em relação à proficiência em osmose, a média dos estudantes pesquisados foi de 1,24 (dp=1,01). A distribuição da proficiência é compatível com uma distribuição normal (GRAF.3), temos um maior número de estudantes com média proficiência e um número menor de estudantes com baixa ou alta proficiência. Ou seja, o desempenho no teste indicou que a população pesquisada possui estudantes com baixa proficiência em osmose, estudantes com média proficiência e estudantes com alta proficiência.



**GRÁFICO 3** - Distribuição dos estudantes segundo a proficiência em osmose

Com o objetivo de compararmos estudantes com diferenças significativas em relação à proficiência em osmose, organizamos os resultados em três categorias<sup>1</sup> com medianas distintas e sem sobreposição de classes, conforme representado no GRAF.4.



**GRÁFICO 4** - Categorias (baixa, média e alta) de desempenho em osmose

Na categoria 1 estão os 60 estudantes com baixa proficiência (valores compreendidos entre -1,2 e 0,65). Na categoria 2, temos 102 estudantes com proficiência média (valores entre 0,824 e 2,131) e, na categoria 3, 25 estudantes com alta proficiência (valores entre

<sup>1</sup> Utilizando o procedimento K-Mean Cluster Analysis do SPSS.

2,455 e 4,52). O teste ANOVA indicou que os grupos são significativamente diferentes em relação ao desempenho em osmose ( $F= 383,989$ ,  $p= 0,000$ ).

Assim, considerando a proficiência em osmose temos três grupos distintos: os estudantes de baixa proficiência, os estudantes de média proficiência e os de alta proficiência. Nos capítulos seguintes faremos uma discussão envolvendo o papel do conhecimento na qualidade das explicações elaboradas pelos estudantes durante a atividade desenvolvida e na mudança de teoria-em-uso.

## Habilidades metacognitivas

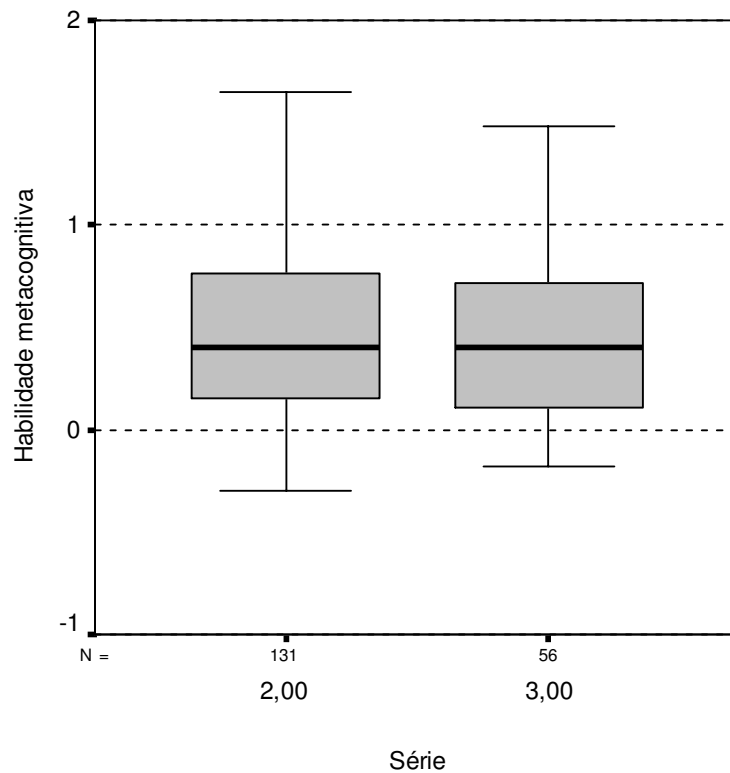
Conforme já discutido anteriormente, os dados referentes às variáveis manifestas categóricas sobre a confiança nas respostas serviram para determinar o escore de uma variável latente intervalar, que interpretamos representar a habilidade metacognitiva.

O GRAF.5 mostra a distribuição da habilidade metacognitiva na segunda e terceira série. As medianas da habilidade metacognitiva são iguais nas duas séries.

O teste Brown-Forsythe<sup>2</sup>, para homogeneidade de amostras com tamanhos diferentes, indicou que os grupos não possuem diferenças significativas nas variâncias. Ou seja, eles podem ser considerados como amostras de uma mesma população. O teste ANOVA indica que também não há diferença entre as médias da habilidade metacognitiva nas duas séries ( $F=0,131$ ,  $p=0,718$ ).

---

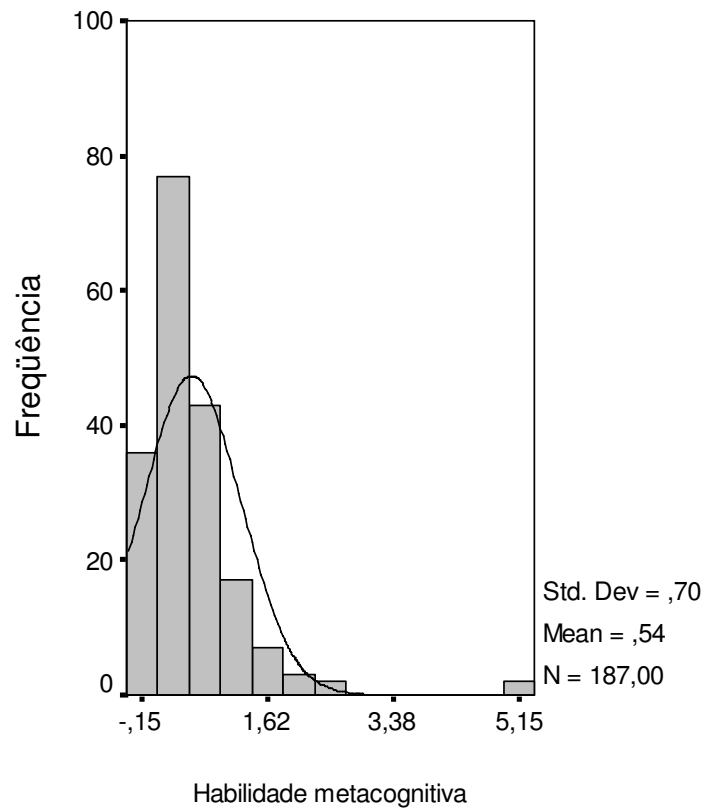
<sup>2</sup> O teste Brown & Forsythe é usado para testar a homogeneidade da variância nos diversos grupos. Ele é mais robusto do que o teste de Levene quando os grupos não possuem o mesmo tamanho e a distribuição dos desvios padrão é muito enviesada, violando a hipótese da normalidade.



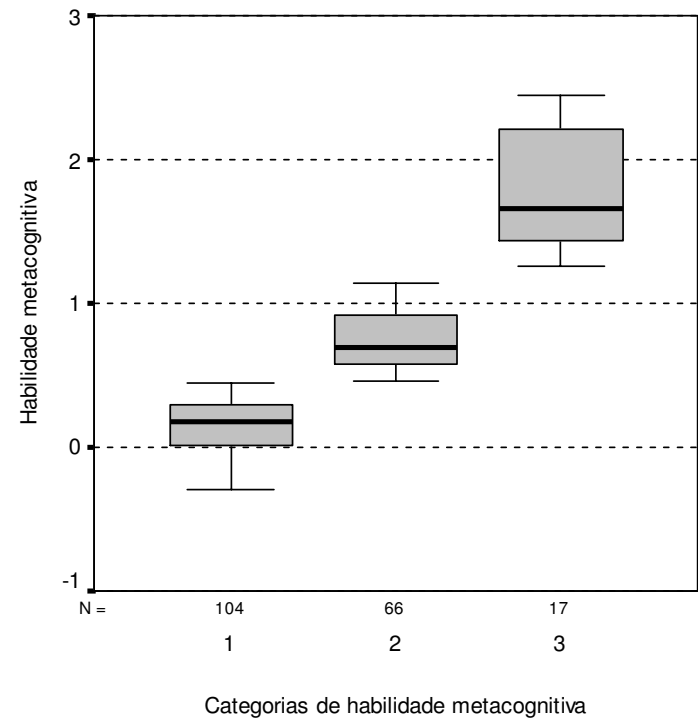
**GRÁFICO 5** - Habilidades metacognitivas dos estudantes da segunda e da terceira série,

A distribuição da população de estudantes em relação à habilidade metacognitiva está representada no GRAF.6.

A partir desta distribuição agrupamos os estudantes em três categorias de análise: baixa, média e alta habilidade metacognitiva (GRAF.7). O teste ANOVA indicou que as categorias formadas são significativamente diferentes ( $F= 189,55$ ;  $p= 0,000$



**GRÁFICO 6** - Distribuição dos estudantes segundo as habilidades metacognitivas.



**GRÁFICO 7** - Categorias produzidas a partir da distribuição de habilidades metacognitivas



Os dados indicam que cerca de 55% dos estudantes possuem pouco controle metacognitivo. Somente 9% dos estudantes apresentaram alta habilidade metacognitiva. Isto indica que a maioria dos estudantes não confia no conhecimento que tem sobre osmose, ou seja não possui controle metacognitivo sobre este assunto. É bom lembrar que ao participarem da atividade, os estudantes não tinham sido informados sobre o tema da pesquisa. Não é de se estranhar, portanto, que ao responder ao teste que tratava de um assunto estudado em meses anteriores, ou mesmo, no ano anterior, os estudantes não tivessem muita certeza daquele conhecimento.

Ao compararmos a proficiência desempenho dos estudantes em osmose com a habilidade metacognitiva encontramos uma alta correlação ( $R^2 = 0,593$ ). Ou seja os estudantes que possuem alta proficiência apresentam confiança neste conhecimento, e vice-e-versa.

Estes resultados indicam que o grupo pesquisado é constituído de estudantes com alta habilidade metacognitiva, estudantes com média habilidade metacognitiva e estudantes com baixa habilidade metacognitiva. Exploraremos estes resultados nos capítulos seguintes onde iremos discutir a relação entre habilidades metacognitivas e qualidade das explicações dos estudantes como também o papel do controle metacognitivo na mudança de teoria-em-uso.

# **CAPÍTULO 5**

## **COMO EVOLUEM AS EXPLICAÇÕES DOS ESTUDANTES**

Vamos neste capítulo apresentar os diferentes tipos de explicações apresentadas pelos estudantes e a evolução das explicações ao longo da tarefa. Em particular vamos examinar as respostas às questões 3, 7 e 8 que apresentavam diferentes tarefas para os estudantes. A questão 3 solicitava que o estudante fizesse uma previsão do que aconteceria com a folha de alface após ser temperada com água e sal. A questão 7 solicitava uma explicação e era respondida após o estudante observar o que havia acontecido com a folha de alface. A questão 8 também solicitava uma explicação do que havia ocorrido com a folha, mas foi respondida após o teste de avaliação das trinta afirmativas que constituíam a segunda parte da atividade desenvolvida.

### **Alguns referenciais para interpretar as explicações dos estudantes**

Ao solicitarmos que os estudantes elaborassem previsões e explicações, tínhamos a expectativa de que os estudantes fossem capazes de associar suas experiências cotidianas – temperar uma salada - com a atividade que estava sendo realizada. E, mais, esperávamos que os estudantes associassem o murchamento da alface com um conhecimento científico, aprendido na escola – o conhecimento sobre osmose. Em

outras palavras, estávamos interessados em entender como os estudantes usavam um conhecimento científico na explicação de situações da vida cotidiana do estudante.

Ao tomarmos as explicações dos estudantes como objeto de investigação estamos partindo do pressuposto de que as pessoas dispõem de diferentes tipos de esquemas que podem ser usados para elaborar as explicações.

Vamos exemplificar usando a diferença entre o modo de pensar da física aristotélica e o modo de pensar da física galiléica fixando a atenção nos diferentes modos de compreensão do mundo a partir da concepção de Kurt Lewin (1935)

Segundo Lewin, os conceitos da física aristotélica são antropomórficos, inexatos e de natureza abstrata. Aristóteles procurava pelas causas. Seu pensamento era o de que as substâncias naturais agiam de acordo com suas próprias forças (MAYR, 1998) e que todos os fenômenos da natureza seriam processos ou manifestação de processos. O mundo de Aristóteles era essencialmente perfeito. Ele classificava as coisas conforme a função que elas desempenhavam. Por exemplo: um corpo possui forças que o leva à perfeição (*telos*) e outras que são devidas ao acaso e às forças antagônicas de outros corpos.

De outro lado, a física galiléica deixa de lado o antropomorfismo. É uma física exata, as relações são matemáticas e funcionais. As leis são gerais: a mesma lei que rege os cursos das estrelas rege o vôo dos pássaros e a queda dos corpos.

Estes diferentes modos de entender o mundo produziram explicações muito diferentes sobre as coisas e os eventos do mundo. A física galiléica não afirma que os corpos caem com muita ou pouca frequência (como a física aristotélica explicava), mas atribui a queda dos corpos a uma lei estabelecida matematicamente que se refere a casos que

nunca acontecem ou só acontecem em situações muito particulares e artificiais. Neste sentido, o empirismo galilético é de caráter muito menos empírico e mais construtivo do que o aristotético (LEWIN, 1935).

O modo aristotético de explicar coisas e eventos é de natureza diferente do modo galilético de entender e explicar as coisas. Podemos interpretar estes diferentes modos de explicação como resultantes das crenças, modelos e esquemas de interpretação do mundo.

Consideramos que as explicações geradas pelos estudantes também são resultados de suas crenças, seus modelos e seus esquemas de interpretação do mundo. Assim, é possível, a partir das explicações dos estudantes, obtermos algumas pistas sobre esquemas e modelos usados em suas interpretações. As respostas dos estudantes podem revelar o que estamos chamando de orientação epistemológica do estudante ao longo da tarefa, ou seja, os diferentes esquemas de pensamento, os diferentes modelos explicativos, que ele usa ao longo da tarefa.

Mas, o que é uma explicação? Ou melhor, o que seria uma boa explicação? Responder a esta pergunta não é fácil. Precisamos inicialmente estabelecer de que lugar estamos falando. Nesta pesquisa, estamos nos referindo às explicações elaboradas por estudantes frente a uma situação problemática. Neste caso, vamos adotar a concepção de Gilbert *et al* (1998) de que uma explicação é uma tentativa de resposta a uma questão específica.

Ao considerar as explicações produzidas na ciência, Gilbert *et al* (1998) propõem uma tipologia baseada na expectativa gerada pela natureza da questão que está sendo investigada. Eles discutem que o estágio inicial de uma investigação científica é estudar *como um determinado sistema se comporta* no sentido de identificar o quê está

acontecendo no sistema. Explicações formuladas com esta finalidade são descritivas e contêm relatos do comportamento do sistema ao longo de um certo tempo.

Segundo os autores, quando a pergunta é *do quê o fenômeno é constituído*, as explicações são interpretações pois requerem a nomeação de entidades e identificação da distribuição espacial e temporal do fenômeno. Porém se a pergunta for do tipo *porque o fenômeno se comporta desse modo* a explicação é baseada em uma relação de causa e efeito. É proposto um mecanismo que explica o fenômeno que produz o comportamento observado. E, perguntas do tipo *como tal fenômeno poderia se comportar sob outras condições* requerem uma explicação que é uma previsão.

Entretanto, eles discutem que identificar os tipos de explicações é um trabalho relativamente simples. Difícil é decidirmos sobre a adequação do conteúdo da explicação. Para eles, a adequação do conteúdo de uma explicação depende não só de quem a elabora mas também da expectativa de quem faz a pergunta.

Gilbert *et al* (1998) discutem ainda que a validação das explicações depende do campo em que elas são apresentadas. Uma explicação produzida no campo da ciência é válida dependendo do julgamento entre os pares. Por outro lado, nem todas as explicações produzidas no campo da ciência são validadas pelas pessoas que elaboram currículos ou pelos professores de ciências. Para os professores de ciências, a validação pode depender do conteúdo pedagógico da explicação, ou até mesmo, do conhecimento que o professor tem sobre um determinado assunto. Porém, qualquer que seja o campo em que a explicação deva ser validada, quatro critérios devem ser levados em conta: plausibilidade, parcimônia, poder de generalização e desdobramento.

Em nossa pesquisa, vamos interpretar e validar as explicações dos estudantes considerando principalmente sua plausibilidade e sua orientação epistemológica. Ou seja, vamos categorizá-las considerando a pergunta que o estudante tende a responder, conforme passaremos a discutir a seguir.

## Como os estudantes explicam o que acontece com a folha de alface que é temperada?

As respostas dos estudantes às questões propostas foram categorizadas considerando a plausibilidade (explicações corretas) e também sua natureza, ou seja sua orientação epistemológica.

Identificamos em nossa análise que os estudantes apresentam algumas tendências epistemológicas na elaboração de suas explicações. Em nosso entendimento, a orientação epistemológica se manifesta no tipo de pergunta que o estudante tende a responder.

Alguns estudantes parecem focar sua atenção em *o quê* acontece com a folha sob uma perspectiva macroscópica e elaboram explicações mais descritivas. Para outros, a ênfase é explicar *porque* a folha murchou como uma consequência imediata da presença do sal, ainda em uma perspectiva macroscópica. A ênfase de um terceiro grupo de estudantes são as relações de causa e efeito considerando os processos físico-químicos que poderiam estar envolvidos no murchamento da folha. Neste grupo estão tanto os estudantes que explicam *como* a folha murchou lançando mão de explicações muito próximas das explicações científicas e também aqueles que elaboraram respostas teleológicas.

Apresentamos a seguir um detalhamento das tendências identificadas nas respostas dos estudantes com alguns exemplos.

## 1) Explicações pautadas na descrição de estado (E)

Na categoria descrição de estado, foram incluídas as respostas que relatam alterações morfológicas da folha. São explicações mais simples focadas em aspectos que podem ser observados diretamente. Parecem, implicitamente, responder a pergunta *o quê* aconteceu ou iria acontecer com a folha que foi temperada como podemos identificar nas seguintes descrições:

*Acho que após um tempo a folha tende a murchar e tomar um aspecto de verde mais envelhecido. (NIS 159\_2003)*

*A folha começará a se deteriorar mais cedo e mais rápido. Sofrerá alteração na cor, textura, etc.. (NIS 295\_2003)*

*Mudanças acontecerão na cor na planta e na textura. (NIS 211\_2003)*

*Depois de algum tempo, a folha perderá sua "rigidez", que lhe dá o aspecto de fresca e murchará, ficará mole. (NIS 6\_2001)*

*Ela irá murchar. (NIS 34\_2001)*

Os exemplos citados têm como característica comum o fato dos estudantes terem focado sua atenção em mudanças de aspectos da folha como a cor, a firmeza, a textura. São respostas mais associadas a eventos vivenciados pelos estudantes, no cotidiano. Alguns estudantes chegaram a dizer que a alteração que poderia ocorrer seria *a alteração no sabor da folha*.

É importante ressaltar que alguns dos aspectos relevantes citados pelos estudantes eram importantes de serem identificados. Um estudante que está focado em alterações que ocorreram na firmeza da folha poderia perceber esta mudança com maior facilidade do que aqueles que estavam focados em mudanças no paladar da folha que foi temperada.

Como já esperávamos, este padrão de resposta foi muito comum para a questão 3 que solicitava uma previsão do que iria acontecer com a folha.

## 2) Explicações que revelam uma descrição funcional (F)

Na categoria de explicação com descrição funcional, foram incluídas aquelas explicações que consideram o sistema como um todo e desse modo relacionam o murchar da alface como uma consequência imediata da perda de água pela folha. Os estudantes identificam alguns aspectos importantes e fazem uma conexão entre eles. São explicações mais elaboradas do que as explicações descritivas. Podem incorporar algumas idéias ou conceitos científicos e também estabelecer relações de causa e efeito, se aproximando, assim, das explicações científicas. Os estudantes que elaboram este tipo de explicação extrapolam o nível descritivo e associam o murchar da alface com a perda de água ou outro processo que eles conhecem. São aquelas explicações que revelam o conhecimento do *porque* acontece.

*A folha deve perder este aspecto "vivo", ou seja, ela vai murchar e escurecer, perdendo água (estimulado pelo sal do tempero). Este processo vai levar ao "amolecimento" do talo. (NIS 41\_2001)*



*Eu espero que folha perca o seu aspecto de fresca, fique meio mole e murcha, ficando assim, mais escura, pois haverá perda de água da parte da folha. (NIS 75\_2001)*

*Como a solução que usamos para temperar a folha continha sal, e o sal absorve a água, o sal deve absorver a água da folha, deixando-a `murcha`. (NIS 347\_2003)*

*Eu acho que ela vai murchar, ficando mais escura e menor perdendo um pouco de água, ela vai perder sua rigidez ficando `mole`. (NIS 382\_2003)*

Estes exemplos ilustram explicações que já apresentam uma relação de causa e efeito. O estudante associa o murchamento da folha com algum processo físico, químico ou biológico. Muitos relacionam o murchar da folha de alface com a perda de água pela folha.

### 3) Explicações do tipo exposição do mecanismo (M)

As explicações pertencentes a esta categoria são as mais abstratas. Os estudantes associam as mudanças observadas com um mecanismo físico-químico que consideram estar associado a perda de água. São explicações que se aproximam ainda mais das explicações científicas pois apresentam modelos explicativos abstratos sobre o que esta acontecendo com a folha de modo a expor o mecanismo que gerou a perda de água pela folha. Associam o murchar com a perda de água e ainda atribuem a perda de água à diferença de concentração desencadeada pela adição do tempero. Para elaborar estas

explicações os estudantes nitidamente usam o conhecimento escolar. Os exemplos abaixo ilustram este tipo de explicação.

*A folha vai murchar, pois a água sairá por osmose. Isso ocorre porque a água vai do meio menos concentrado para o mais concentrado. (NIS 85\_2001)*

*Devido às concentrações dos meios a água da folha tenderá a ir para o meio externo que está mais concentrado por causa do sal, portanto a folha murchará. (NIS 100\_2001)*

*Se a solução de  $H_2O + NaCl$  for supersaturada a folha de alface liberará água de modo a manter um equilíbrio osmótico. Se a solução for não saturada a folha absorverá água inchando. (NIS 181\_2003)*

*Por osmose ao adicionar água com sal na folha ela se murchou. A água com sal é muito mais concentrada do que a folha, logo por osmose, a água da folha tende a diminuir a concentração da água com sal, se murchando. (NIS 235\_2003)*

*A concentração da salmoura é maior que a concentração das células da alface. Portanto quando elas entram em contato através de uma membrana semipermeável que é a membrana plasmática por osmose as células da folha perdem água e portanto murcham fazendo com que a folha murche devido à diferença de concentração das soluções. (NIS 236\_2003)*

Os exemplos ilustram como explicações desta categoria são mais elaboradas do que as pertencentes às categorias anteriores. Explicações do tipo exposição do mecanismo não só identificam que a folha perdeu água mas também descrevem o modelo teórico que explica a perda em função da diferença de concentração entre os meios intracelular e extracelular.

As explicações elaboradas pelos estudantes dos exemplos acima demonstram um conhecimento que extrapola o nível fenomênico. Ao explicar *como* a alface perde água os estudantes se aproximam do modo de explicar da ciência, e demonstram usar um conhecimento escolar em uma situação simulada do cotidiano.

#### 4) Explicações anômalas

Algumas respostas dos estudantes não se adequaram às categorias anteriores. Entre elas, algumas continham inconsistências conceituais ou eram explicações que não correspondiam a uma aplicação do conhecimento escolar sobre osmose; outras evidenciavam um raciocínio incoerente ou, ainda, apresentavam evidências de que o foco da observação não estava relacionado à firmeza da folha de alface. Chamamos este conjunto de respostas de explicações anômalas. É interessante ressaltar que também entre as respostas anômalas identificamos as mesmas tendências epistemológicas descritas anteriormente. Assim temos explicações anômalas do tipo E (AE), do tipo F (AF) e do tipo M (AM). Para exemplificar, apresento algumas das respostas que foram categorizadas como anômalas.

### **Tipo AE**

*Não sei explicar como e porque ocorreram estas mudanças na aparência, no aspecto da folha, acho que é um processo normal de envelhecimento. (NIS 396\_2003)*

Esta explicação foi considerada anômala porque o estudante não atribui as mudanças ocorridas ao processo de osmose. Para ele, o murchamento da folha ocorrerá naturalmente, por um processo de envelhecimento. De fato, folhas de vegetais murcham quando retiradas da planta, porém, neste caso, ocorre um processo de desidratação por evaporação e transpiração da folha. No caso da atividade desenvolvida, em função da colocação de água e sal, o processo envolvido nas mudanças está relacionado à diferença de concentração de sais entre o meio interno (intracelular) e externo desencadeado pela colocação de água com sal.

### **Tipo AF**

*Ela murchou devido aos seus poros (estômatos) terem absorvido o sal da água. (NIS 289\_2003)*

Neste caso o estudante atribuiu o murchamento à ação de uma estrutura da planta que está envolvida nos processos de trocas gasosas, o estômato. No caso da osmose, a água que passa através da membrana celular está no estado líquido e os estômatos não estão envolvidos no processo.

Alguns estudantes, associaram o murchamento com alguma reação entre o tempero e a folha, como no seguinte exemplo:

*O sal presente no tempero pode ter reagido com alguma substância da folha, fazendo com que a textura dessa mudasse um pouco e ficasse com uma aparência mais “envelhecida” do que o normal. (NIS 293\_2003)*

Podemos identificar que embora a resposta do estudante seja inconsistente com a teoria de osmose, sua resposta tende a estabelecer uma relação de causa e efeito. Assim, embora incoerente, estamos considerando este tipo de explicação mais complexa do que as do tipo AE.

### **Tipo AM**

*Acho que por osmose, a membrana das células que constituem o alface, possibilitou a passagem de água, o que fez com que perdesse sua "rigidez" e se tornar "mole". A quantidade de água na folha aumentou. (NIS 269\_2000)*

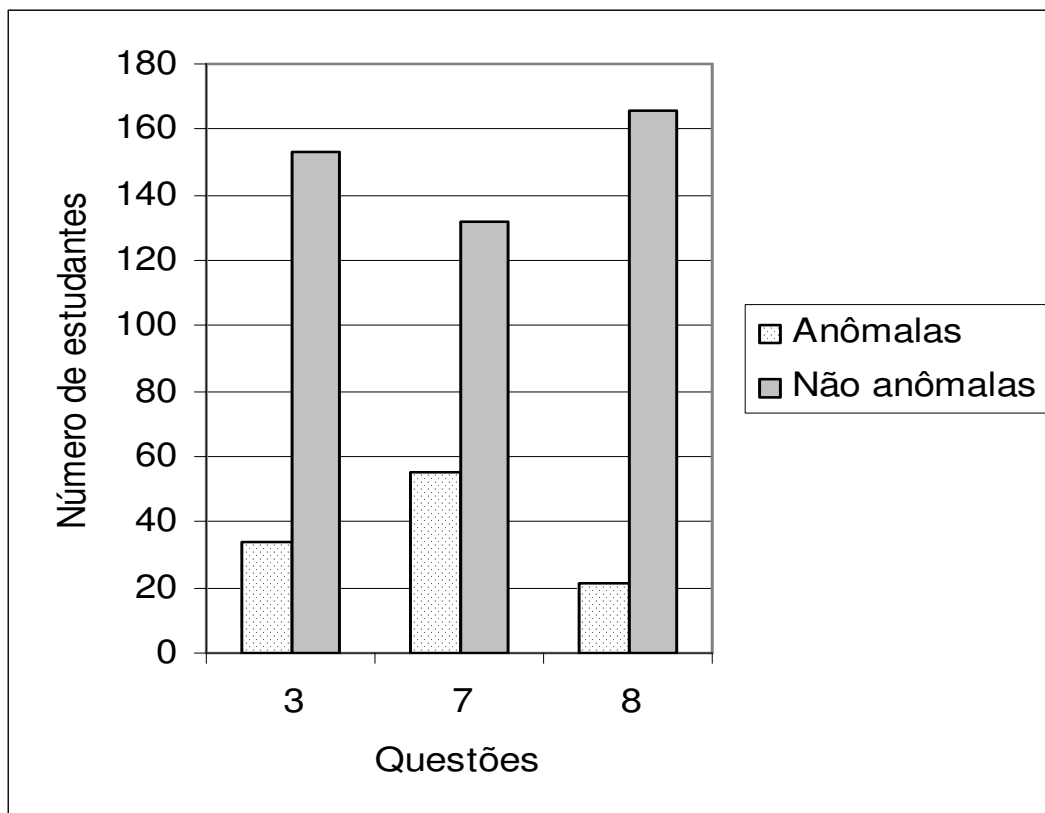
*Acho que a folha amoleceu porque ganhou água. Creio que a concentração de sais dentro da folha é maior que a concentração de sal na solução, tendendo ao equilíbrio a água da solução é absorvida pela folha. (NIS 301\_2003)*

As respostas do tipo AM podem ser consideradas mais elaboradas do que as do tipo AE ou AF. Entretanto elas são inconsistentes pois relacionam a perda de rigidez da folha com o aumento da quantidade de água e não com a saída de água de célula. Podemos notar que embora inconsistente, o estudante elabora uma explicação que é uma tentativa de associar o efeito (amolecimento da folha) com uma possível causa (entrada de água na folha) e, ainda expõe o mecanismo que desencadeia a passagem de água (diferença de concentração entre dois meios).

## Resultados

Terminada a categorização das respostas, os resultados foram tabulados e submetidos a análises estatísticas.

Inicialmente vamos apresentar os dados que obtivemos considerando a consistência conceitual das respostas. O GRAF.8 apresenta a frequência de respostas anômalas e não anômalas para as questões 3, 7 e 8.



**GRÁFICO 8** - Frequência de respostas anômalas e não anômalas para as questões 3, 7 e 8

A frequência de respostas não anômalas, isto é, respostas que relacionavam o murchamento da alface com processos compatíveis com a teoria de osmose, foi

sensivelmente maior do que a frequência de anômalas (explicações não compatíveis com osmose) para todas as questões. Identificamos ainda que a questão 7 apresentou o maior número de respostas anômalas (29% das respostas) enquanto houve redução de respostas anômalas para a questão 8.

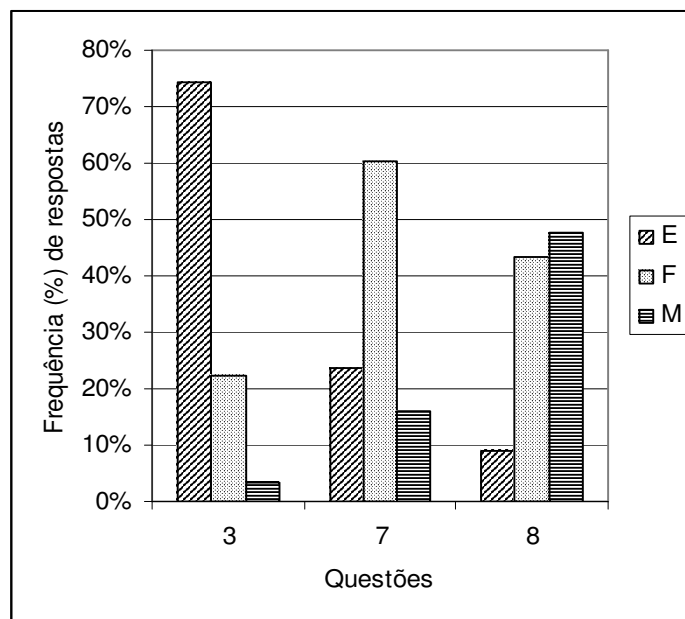
Estes dados nos dão alguns indícios de que a interação do estudante com a atividade desenvolvida poderia provocar uma mudança na qualidade das explicações dos estudantes. Ao tentar explicar porque a alface murcha quando é temperada os estudantes selecionaram várias explicações diferentes. Entretanto, nem sempre o conteúdo dessas explicações é compatível com o fenômeno da osmose o que resultou em um número relativamente grande de explicações anômalas para a questão 7. Já para a questão 8, o número de respostas anômalas diminuiu. Somente 11% das explicações para esta questão foram consideradas anômalas. Esta mudança de qualidade pode estar associada à avaliação das dicas que antecedeu a elaboração da explicação 8. A exposição às dicas contidas nas afirmativas bem como a atividade metacognitiva vivenciada pelos estudantes podem ter contribuído para esta mudança. Estudantes que haviam elaborado explicações anômalas para a questão 7 passam a elaborar explicações compatíveis com osmose para a questão 8. Estaremos nos aprofundando nesta discussão no Capítulo VI quando iremos explorar as idéias de Argyris e Schön (1974) sobre teorias-em-uso.

## Tendências na orientação epistemológica das respostas dos estudantes

Conforme já explicitado no início deste capítulo, as respostas dos estudantes foram categorizadas de acordo com a sua orientação epistemológica – qual pergunta o

estudante tende a responder. Nesta seção vamos apresentar a qualidade das explicações dos estudantes, considerando somente sua orientação epistemológica, sem considerar a correção científica da explicação, isto é, vamos olhar para a explicação do estudante procurando entender sua construção independentemente de seu conteúdo ser ou não compatível com a teoria de osmose. Assim, todas as explicações descritivas, anômalas e não anômalas (E+AE) serão analisadas em um mesmo conjunto. O mesmo procedimento será feito para as explicações funcionais (F+AF) e para as explicações do tipo exposição do mecanismo (M+AM). Ao fazermos isto, estamos validando as explicações anômalas pois independente de sua correção científica elas nos dão pistas sobre os modos de explicar dos estudantes.

O GRAF. 9 apresenta os tipos de explicações para as questões 3, 7 e 8, considerando sua orientação epistemológica.



**GRÁFICO 9** - Frequência de respostas para as questões 3, 7 e 8, considerando a orientação epistemológica das explicações: descrição de estado (E), funcionais (F) e exposição do mecanismo (M).



Podemos identificar uma clara diferença na orientação epistemológicas das respostas para as questões propostas na atividade. Enquanto para a questão 3 identificamos uma predominância (74%) de respostas descritivas (E), na questão 7 somente 23% das respostas eram descritivas e cerca de 60% eram do tipo F. Para a questão 8 a porcentagem de respostas do tipo E cai para 10%, por outro lado, 47% das respostas são do tipo exposição do mecanismo (M). Estes resultados evidenciam que a explicação descritiva é, em geral, produzida antes da elaboração de outros tipos de explicação, conforme apontado por Gilbert *et al* (1998).

Outro aspecto que merece ser discutido é que os resultados apresentam evidências de que o tipo de pergunta orienta o tipo de explicação produzida pelo estudante. A questão 3 solicitava que o estudante respondesse que mudanças ocorreriam na folha temperada. Dada a natureza da pergunta, nossa expectativa era mesmo a de que a maioria dos estudantes elaborasse explicações descritivas, como observamos. Entretanto, 26% dos estudantes elaboraram explicações que envolviam algum tipo de interpretação, associando as mudanças observadas na folha com algum processo físico-químico ou biológico.

Para a questão 7, cerca de 77% das explicações eram do tipo F ou M. Esta questão solicitava que o estudante explicasse o fenômeno observado. A natureza da pergunta induzia a elaboração de uma explicação interpretativa ou uma explicação causal, conforme observamos. O mesmo padrão de resposta foi observado em relação à questão 8. Podemos dizer que temos evidências de que a natureza epistemológica da pergunta pode ter um papel significativo na orientação epistemológica da resposta do estudante.

Os resultados evidenciam ainda que durante a atividade alguns estudantes mudam a orientação epistemológica da explicação. A que se deve esta mudança? Podemos levantar as seguintes hipóteses: 1) a mudança depende do conhecimento do estudante em relação ao processo de osmose, 2) a mudança depende das habilidades metacognitivas, 3) a mudança depende do envolvimento do estudante com a tarefa.

## Estudando a relação entre o conhecimento sobre osmose, as habilidades metacognitivas e a orientação epistemológica das explicações.

Vamos, para cada uma das questões respondidas pelos estudantes, testar se a orientação epistemológica das respostas formuladas ao longo da tarefa tem alguma relação com o conhecimento do estudante em relação ao processo de osmose e com sua habilidade metacognitiva.

Para isso vamos, inicialmente, considerar os tipos de explicações elaboradas para as questões 3, 7 e 8, por estudantes que pertencem às três categorias de proficiência em osmose (baixa, média e alta) que foram identificadas e descritas no capítulo anterior às questões 3, 7 e 8. Apresentaremos os resultados obtidos para a questão 3, nas três categorias de proficiência e, em seguida os resultados para as questões 7 e 8.

A TAB.1 mostra a orientação epistemológica das respostas dos estudantes à questão 3 nas categorias de baixa, média e alta proficiência em osmose.

Para testarmos se as diferenças observadas são significativas fizemos o teste realizado pelo programa RCEXAT (CLARKSON *et al*, 1993). Esse programa calcula o valor exato da probabilidade de ser ao acaso a distribuição de valores pelas células da tabela,

mantidos fixos os totais marginais como mantivemos na nossa. O resultado que encontramos foi  $p=0,041$ , indicando que as diferenças encontradas são significativas, a distribuição de frequências que encontramos não é ao acaso.

**TABELA 1** - Tipos de explicações para a questão 3 nas diferentes categorias de proficiência em osmose

Categorias de proficiência		Observado				Esperado			
		E	F	M	Total	E	F	M	Total
Baixa	N	52	8	0	60	44,6	13,5	1,9	60
	%	(86,7)	(13,3)	0		(74,3)	(22,5)	(3,2)	
Média	N	70	28	4	102	75,8	22,9	3,3	102
	%	(68,6)	(27,4)	(3,9)		(74,3)	(22,5)	(3,2)	
Alta	N	17	6	2	25	18,6	5,6	0,8	25
	%	(68,0)	(24,0)	(8,0)		(74,4)	(22,4)	(3,2)	
Totais	N	139	42	6	187	139	42	6	187
	%	(74,3)	(22,5)	(3,2)		(74,3)	(22,5)	(3,2)	

Se compararmos as frequências esperadas e observadas de respostas dadas pelos estudantes, verificamos que entre os estudantes de baixa proficiência, a frequência observada de respostas do tipo E é maior do que o valor esperado enquanto que a frequência de respostas do tipo M é menor do que o esperado. Nenhum estudante de baixa proficiência apresentou uma resposta do tipo M para a questão 3. Já entre os estudantes que apresentaram alta proficiência, a frequência de respostas do tipo E é menor do que a esperada e a frequência de respostas do tipo M é maior do que a esperada. Estes resultados sugerem que a proficiência em osmose tem um papel significativo na orientação epistemológica das respostas dos estudantes à questão 3.

Identificamos ainda que embora a pergunta induzisse os estudantes a elaborar uma resposta descritiva, alguns estudantes com média e alta proficiência (48 em 187) optaram por uma explicação mais detalhada. Podemos interpretar que alguns estudantes

com alta proficiência em osmose, ao se envolverem com a atividade, evocaram rapidamente todo o processo físico-químico responsável pelo murchamento da alface. Eles elaboram uma resposta com base em seu conhecimento. As respostas à questão são, então, previsões que contêm não só descrições do que acontece com a folha mas também explicações de como acontece o murchamento.

De modo semelhante, vamos agora considerar a orientação epistemológica das respostas nas três classes de habilidade metacognitiva. Os resultados que encontramos são apresentados na TAB 2.

**TABELA 2** - Tipos de explicações para a questão 3 nas diferentes categorias de habilidade metacognitiva

Categorias de habilidade metacognitiva		Observado				Esperado			
		E	F	M	Total	E	F	M	Total
Baixa	N	86	15	3	104	77,3	23,4	3,3	104
	%	(82,7)	(14,4)	(2,9)		(74,3)	(22,5)	(3,2)	
Média	N	44	21	1	66	49,1	14,8	2,1	66
	%	(66,7)	(31,8)	(1,5)		(74,4)	(22,4)	(3,2)	
Alta	N	9	6	2	17	12,6	3,8	0,6	17
	%	(52,9)	(35,3)	(11,8)		(74,1)	(22,4)	(3,5)	
Totais	N	139	42	6	187	139	42	6	187
	%	(74,3)	(22,5)	(3,2)		(74,3)	(22,5)	(3,2)	

Utilizando o programa RCEXAT encontramos que o valor exato da probabilidade de ser ao acaso a distribuição de valores pelas células da tabela é  $p=0,0064$ . Novamente, comparando-se as freqüências observadas e esperadas nas diferentes categorias de habilidade metacognitiva, identificamos que os estudantes de baixa habilidade tendem a elaborar mais repostas do tipo E do que o esperado, já os estudantes de média e alta habilidade metacognitiva tendem a elaborar mais explicações F ou M do que o esperado.

Os resultados que encontramos sugerem que tanto a proficiência em osmose quanto a habilidade metacognitiva têm papel relevante na orientação epistemológica das respostas elaboradas pelos estudantes. Porém temos evidências que a resposta para a questão 3 dependa, ainda, da natureza da pergunta. De fato, o maior percentual de respostas em qualquer das categorias de proficiência ou habilidade metacognitiva corresponde a respostas do tipo E. Ou seja, quando solicitamos uma previsão sobre o que aconteceria com a folha de alface após ser temperada, possivelmente induzimos os estudantes a formularem uma resposta mais descritiva do que explicativa, assim, as respostas a esta questão foram principalmente descritivas.

Para a questão 7, os tipos de respostas que obtivemos nas diferentes categorias de proficiência estão apresentados na TAB.3, a seguir.

**TABELA 3** - Tipos de explicações para a questão 7 nas diferentes categorias de proficiência

Categorias de proficiência		Observado				Esperado			
		E	F	M	Total	E	F	M	Total
Baixa	N	25	32	3	60	14,1	36,2	9,6	60
	%	(41,7)	(53,3)	(5,0)		(23,5)	(60,3)	(16,0)	
Média	N	16	67	19	102	24,0	61,6	16,4	102
	%	(15,7)	(65,7)	(18,6)		(23,5)	(60,4)	(16,1)	
Alta	N	3	14	8	25	5,9	15,1	4,0	25
	%	(12,0)	(56,0)	(32,0)		(23,6)	(60,4)	(16,0)	
Totais	N	44	113	30	187	44	113	30	187
	%	(23,5)	(60,4)	(16,0)		(23,5)	(60,4)	(16,0)	

As respostas dos estudantes à questão 7 apresentam evidências de que a orientação epistemológica da resposta pode ter uma relação com o conhecimento que o estudante tem sobre osmose. Entre os estudantes com baixa proficiência, 41,7% elaboram respostas descritivas para a questão 7 e 53,3% dos estudantes dessa categoria de

proficiência elaboram explicações funcionais (F). Somente 5,0% dos estudantes de baixa proficiência elaboraram explicações do tipo M. Já entre os estudantes de média proficiência, cerca de 84,3% elaboraram respostas do tipo F (65,7%) ou M (18,6%) para a questão 7. Entre estudantes de alta proficiência, 88,0% elaboraram explicações do tipo F (56,0%) ou M (32,0%) para a questão 7. O teste realizado pelo programa RCEXAT indicou que a probabilidade desses valores terem sido ao acaso é  $p=0,000198$ .

Comparando-se os resultados observados com os esperados identificamos que a frequência obtida de respostas do tipo E entre os estudantes de baixa proficiência é 1,77 vezes maior do que a frequência esperada. Entre os estudantes de média e alta proficiência, a frequência observada de respostas do tipo E foi menor do que a esperada, enquanto que a frequência observada de respostas do tipo M foi duas vezes maior do que a esperada, entre os estudantes de alta proficiência.

Ao considerarmos os tipos de explicações elaboradas pelos estudantes das diferentes categorias de habilidade metacognitiva obtivemos os resultados apresentados na TAB. 4.

TABELA 4 - Tipos de explicações para a questão 7 nas diferentes categorias de habilidade metacognitiva

Categorias de habilidade metacognitiva		Observado				Esperado			
		E	F	M	Total	E	F	M	Total
Baixa	N	35	58	11	104	24,5	62,8	16,7	104
	%	(33,6)	(55,8)	(10,6)		(23,56)	(60,38)	(16,06)	
Média	N	7	47	12	66	15,5	39,9	10,6	66
	%	(10,6)	(71,2)	(18,2)		(23,5)	(60,5)	(16,1)	
Alta	N	2	8	7	17	4,0	10,3	2,7	17
	%	(11,8)	(47,0)	(41,2)		(23,5)	(60,6)	(15,9)	
Total	N	44	113	30	187	44	113	30	187
	%	(23,5)	(60,4)	(16,0)		(23,5)	(60,4)	(16,0)	

Fica evidente nos resultados que de modo semelhante àqueles que obtivemos para proficiência em osmose, estudantes com baixa habilidade metacognitiva tendem a elaborar explicações do tipo E (33,6%) ou F (55,8%) para a questão 7. Somente 10,6% dos estudantes com baixo controle metacognitivo elaboram respostas do tipo exposição do mecanismo. Por outro lado, 88,2% dos estudantes com alto controle metacognitivo elaboram respostas do tipo F ou M. O teste realizado pelo programa RCEXAT indicou que a probabilidade de obtermos por mero acaso uma distribuição de frequência por célula como a da tabela 4 é  $p=0,000424$ .

Comparando os resultados observados com os esperados, verificamos que mesmo tendo mudado o tipo de pergunta na questão 7, a frequência de respostas do tipo E entre os estudantes de baixa habilidade metacognitiva foi 1,43 vez maior do que a frequência esperada. Já entre os estudantes de alta e média habilidade metacognitiva a frequência de respostas do tipo E foi menor do que a esperada enquanto que a frequência de respostas do tipo M foi 2,6 vezes maior do que a esperada. Assim podemos sugerir que quando a pergunta exige uma resposta que contenha relações de causa e efeito ou ainda, uma exposição do mecanismo, tanto a proficiência quanto a confiança no conhecimento evocado propiciam a elaboração de explicações dessa natureza.

Vamos considerar agora as respostas à questão 8. Esta questão também solicitava uma explicação. Porém ela era apresentada após a avaliação das afirmativas que compunham o teste da segunda etapa da atividade. Assim, as respostas elaboradas para a questão 8, são resultantes não só da proficiência e das habilidades metacognitivas mas também do exercício de avaliação das afirmativas. Vejamos os resultados para esta questão na TAB. 5.

**TABELA 5** - Tipos de explicações para a questão 8 nas diferentes categorias de proficiência

Categorias de proficiência	Observado				Esperado				
	E	F	M	Total	E	F	M	Total	
Baixa	N	12	37	11	60	5,4	26,0	28,6	60
	%	(20,0)	(61,7)	(18,3)		(9,0)	(43,3)	(47,7)	
Média	N	3	36	63	102	9,3	44,2	48,5	102
	%	(2,9)	(35,3)	(61,8)		(9,1)	(43,3)	(47,5)	
Alta	N	2	8	15	25	2,3	10,8	11,9	25
	%	(8,0)	(21,0)	(60,0)		(9,2)	(43,2)	(47,6)	
Total	N	17	81	89	187	17	81	89	187
	%	(9,1)	(43,3)	(47,6)		(9,1)	(43,3)	(47,6)	

Para a questão 8, cerca de 89,9% dos estudantes elaboraram respostas F ou M, enquanto que somente 9,1% elaboraram respostas descritivas. Entre os estudantes de baixa proficiência, somente 20% permanecem no nível de descrição. Já entre os estudantes de alta proficiência, 60% faz uma explicação do tipo exposição do mecanismo. O teste indicou que a probabilidade de obtermos por mero ao acaso uma distribuição de frequência por célula como a da tabela 5 é  $p=0,000001$ . Esses resultados permitem-nos propor que a avaliação das afirmativas da segunda parte da atividade teve um papel importante na elaboração da explicação à questão 8. Em especial, queremos destacar o efeito do teste entre os estudantes de baixa proficiência. Grande parte dos estudantes dessa categoria de proficiência passou a elaborar explicações mais complexas como as dos tipos F e M.

A TAB. 6 apresenta os tipos de explicações produzidas pelos estudantes das três categorias de habilidades metacognitivas.



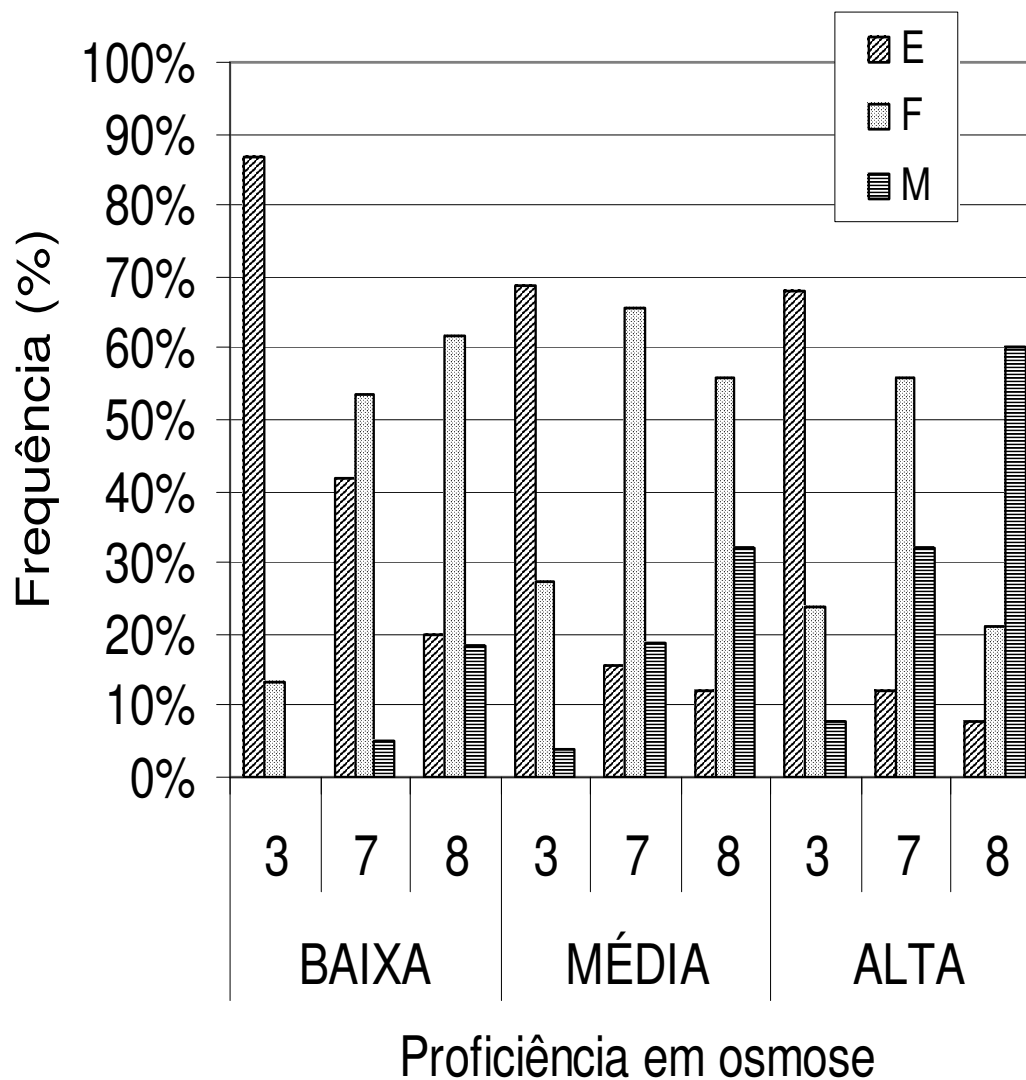
**TABELA 6** - Tipos de explicações para a questão 8 nas diferentes categorias de habilidade metacognitiva

Categorias de habilidade metacognitiva		Observado				Esperado			
		E	F	M	Total	E	F	M	Total
Baixa	N	14	53	37	104	9,45	45,04	49,49	104
	%	(13,5)	(51,0)	(35,6)		(9,1)	(43,3)	(47,6)	
Média	N	2	24	40	66	6,0	28,59	31,41	66
	%	(3,0)	(36,4)	(60,6)		(9,1)	(43,3)	(47,6)	
Alta	N	1	4	12	17	1,54	7,36	8,10	17
	%	(5,9)	(23,5)	(70,6)		(9,1)	(43,3)	(47,6)	
Total	N	17	81	89	187	17	81	89	187
	%	(9,1)	(43,3)	(47,6)		(9,1)	(43,3)	(47,6)	

Entre os estudantes com baixa habilidade metacognitiva, 13,5% continuam no nível descritivo. Porém, o teste realizado antes da elaboração da resposta à questão 8 parece ter um papel positivo em relação à orientação da resposta. Cerca de 35,6% dos estudantes com baixo controle metacognitivo apresentaram uma explicação do tipo M para a questão 8. Entre os estudantes de alto controle metacognitivo, cerca de 70,6% apresentaram uma explicação M para a questão 8. O teste realizado pelo programa RCEXAT indicou que a probabilidade de obtermos por mero acaso uma distribuição, como a da tabela, de frequência por célula é  $p=0,002503$ . Apresentamos no GRAF.10 uma síntese da evolução das explicações ao longo da tarefa, considerando a proficiência em osmose.

Os resultados evidenciam uma evolução na qualidade das respostas dos estudantes ao longo da tarefa. Nas três categorias de proficiência em osmose, as respostas para a questão 3 foram principalmente descritivas. Por outro lado, para as questões 7 e 8, obtivemos um maior número de explicações do tipo F e M. A categoria de proficiência em que encontramos as maiores mudanças na orientação epistemológica das respostas

foi a de baixa proficiência. Nessa categoria, a frequência de resposta do tipo E cai de cerca de 80% para cerca de 20%. Por outro lado, as respostas do tipo F e M passam de cerca de 13% na questão 3 para 80% na questão 8.



**GRÁFICO 10** - Frequência de explicações produzidas pelos estudantes das três categorias de proficiência para as questões 3,7 e 8, considerando a orientação epistemológica

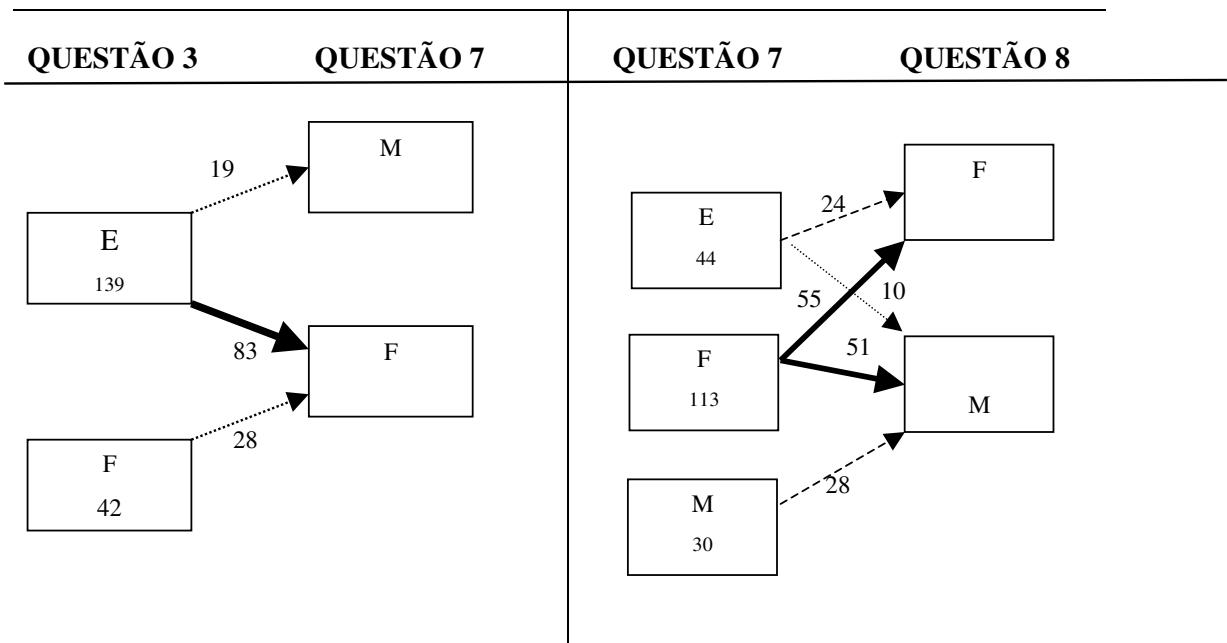
Após a realização do teste 9% dos estudantes ainda não usam o conhecimento de osmose para explicar o murchamento da folha de alface e continuam elaborando respostas descritivas, ou seja, explicações focadas somente em aspectos que podem ser identificados diretamente na situação problema. Isso nos traz evidências de que muitos estudantes mudam a orientação da resposta ao longo da tarefa. Ou seja, ao longo da atividade o estudante muda o tipo de pergunta que ele tende a responder.

Podemos perceber uma clara redução no número de respostas descritivas e um aumento de respostas dos tipos F e M ao longo da atividade, nas três categorias de proficiência. Enquanto as respostas à questão 3 são principalmente descritivas, as respostas às questões 7 são principalmente do tipo F e para a questão 8 os estudantes elaboram respostas mais complexas do tipo M. Se compararmos as respostas da questão 7 com as elaboradas para a questão 8 identificamos que o número de respostas do tipo M cresceu aproximadamente três vezes, enquanto que houve uma redução de cerca de 60% nas respostas descritivas. Estes resultados sugerem que o teste aplicado antes da elaboração da explicação final foi bastante significativo para esta mudança. É possível que a atividade de avaliação das afirmativas tenha sido relevante não só porque apresentou dicas associando o murchamento da alface com o processo de osmose mas também porque permitiu a evocação de conhecimentos que foram incorporados à explicação final, mesmo por alguns estudantes com proficiências mais baixas. Apresentamos evidências de que essa mudança parece estar relacionada não só ao conhecimento que o estudante tem sobre osmose mas também ao controle metacognitivo em relação a este conhecimento. Assim, vamos a seguir estudar a mudança ocorrida considerando a proficiência em osmose e as habilidades metacognitivas dos estudantes.

## Como mudam as explicações ao longo da tarefa

Vamos nesta seção ampliar a discussão sobre a mudança no tipo de explicação, considerando a proficiência do estudante e o controle metacognitivo do conhecimento em osmose.

Considerando as respostas dos estudantes às questões propostas na atividade, identificamos na FIG.2 os principais fluxos de mudanças. Os números indicados no interior dos retângulos indicam o número de respostas naquela categoria. Os números que acompanham as flechas indicam o fluxo de mudança.



**FIGURA 2** - Fluxo de mudança na orientação epistemológica das explicações dos estudantes ao longo da tarefa

TABELA 7 - Mudanças observadas e esperadas, entre as questões 3 e 7, nas diferentes categorias de proficiência

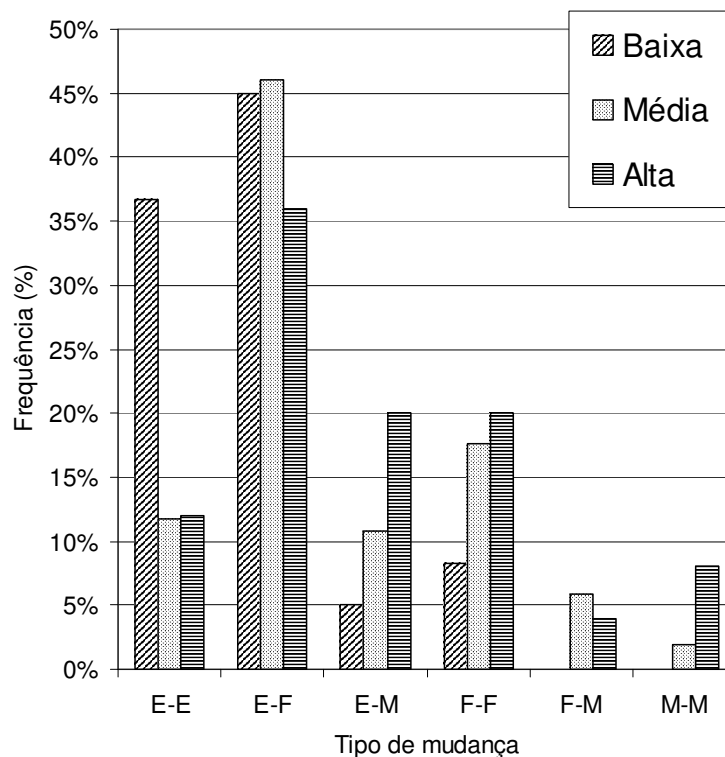
		Observado							Esperado							
		E-E	E-F	E-M	F-F	F-M	M-M	outros	E-E	E-F	E-M	F-F	F-M	M-M	outros	totais
Baixa	N	22	27	3	4	0	0	3	11,9	26,6	6,1	9,0	2,3	1,3	2,9	60
	%	(36,7)	(45,0)	(5,0)	(8,3)	0	0	(5,0)	(19,8)	(44,3)	(10,2)	(15,0)	(3,8)	(2,2)	4,8	
Média	N	12	47	11	18	6	2	6	20,2	45,3	10,4	15,3	3,8	2,2	4,9	102
	%	(11,8)	(46,1)	(10,8)	(17,6)	(5,9)	(2,0)	(5,9)	(19,8)	(44,4)	(10,2)	(15,0)	(3,7)	(2,2)	4,8	
Alta	N	3	9	5	5	1	2	0	4,9	11,1	2,5	3,7	0,9	0,5	1,2	25
	%	(12,0)	(36,0)	(20,0)	(20,0)	(4,0)	(8,0)	0	(19,6)	(44,4)	(10,0)	(14,8)	(3,6)	(2,0)	4,8	
Total	N	37	83	19	28	7	4	9								187
	%	(19,8)	(44,4)	(10,2)	(15,0)	(3,7)	(2,1)	(4,8)								

Comparando as respostas dos estudantes às questões 3 e 7, identificamos que cerca de 73% dos estudantes que estavam na categoria E mudam para F ou M, ou seja, estudantes que haviam elaborado uma resposta descritiva para a questão 3 passam a elaborar uma resposta que relaciona causa e efeito e que se aproxima mais das explicações científicas que são usadas no ambiente escolar. Já para a transição questão 7/questão 8, o principal fluxo de mudança ocorre da categoria F para a categoria M, embora muitos estudantes permaneçam na categoria F. Porém, somente 9% dos estudantes elaboram respostas descritivas para a questão 8.

Para estudarmos se as mudanças observadas na transição entre a questão 3 e a questão 7 apresentam alguma relação com a proficiência dos estudantes em osmose, identificamos a frequência para cada tipo de mudança nas diferentes categorias de proficiência conforme apresentado na TAB.7.

O teste realizado pelo programa RCEXAT indicou que a probabilidade de obtermos por mero acaso uma distribuição de frequência por célula como a da tabela é  $p < 0,000001$  o que indica que a diferença entre os resultados é significativa. Para a transição entre as questões 3 e 7, identificamos que a frequência observada de estudantes que permanecem na categoria E é 1,83 vez maior do que a esperada. Ou seja estudantes com baixa proficiência em osmose tendem a permanecer na categoria E ou fazer a transição E-F. Já estudantes com alta proficiência tendem a fazer a transição E-M ou permanecerem na categoria F. Entre os estudantes de média proficiência, a frequência observada de mudança foi bem próxima da esperada, com exceção da mudança F-M onde a frequência de mudança observada foi 1,58 maior do que a esperada. Já entre os estudantes de alta proficiência, encontramos valores de frequência inferiores ao esperado para a permanência em E e para mudanças do tipo E-F. Entretanto a

frequência de mudança do tipo E-M foi duas vezes maior do que a esperada e a permanência na categoria M foi quatro vezes maior do que a esperada. As frequências de mudanças em cada categoria de proficiência estão representadas no GRAF.11.



**GRÁFICO 11** - Tipos de mudanças na orientação epistemológica entre as explicações das questões 3 e 7, nas diferentes categorias de proficiência em osmose.

Os resultados são compatíveis com a idéia de que o tipo de mudança epistemológica ocorrido entre a elaboração da resposta à questão 3 e a elaboração da resposta à questão 7 pode estar, em parte, relacionada ao conhecimento que o estudante tem sobre o assunto.

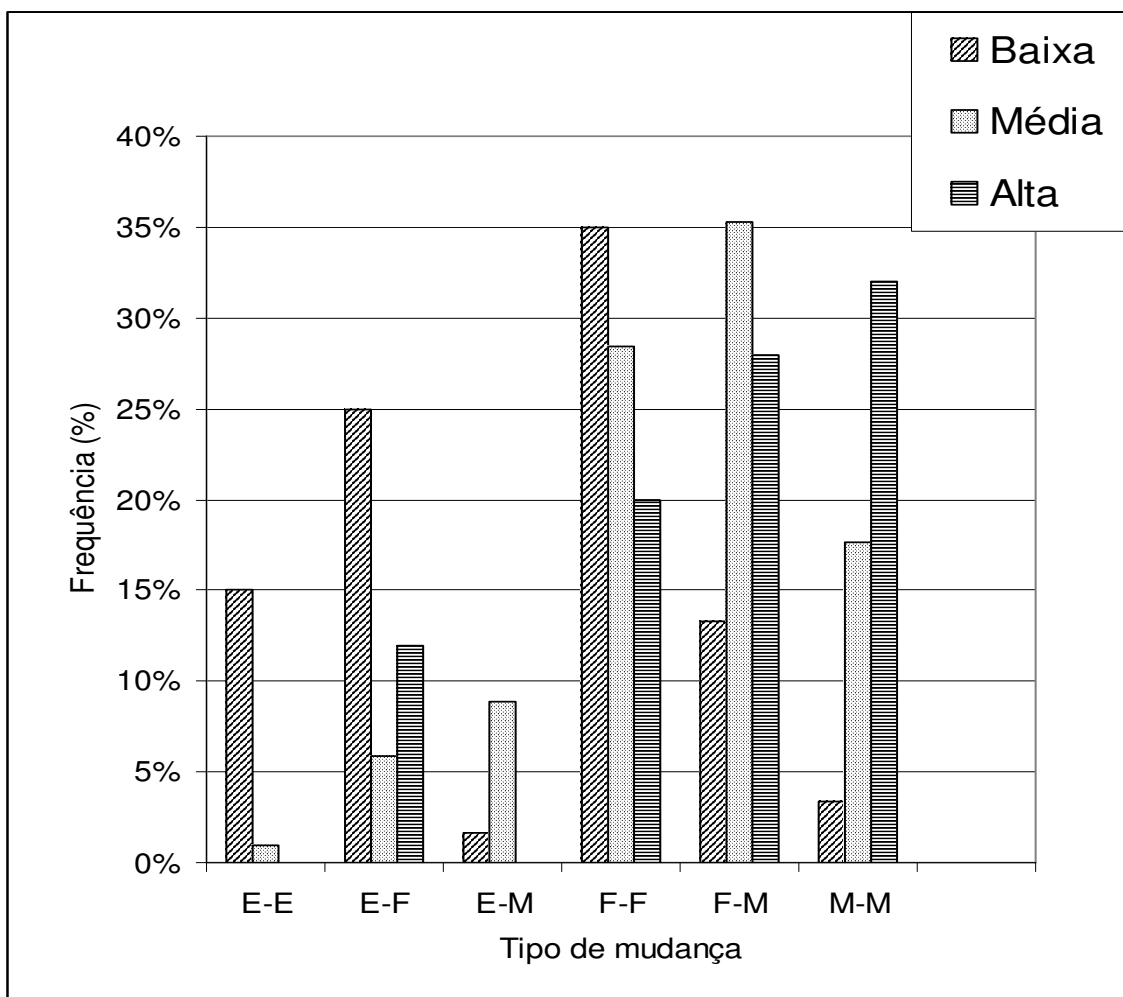
Em relação às mudanças ocorridas entre as questões 7 e 8 os resultados encontram-se na TAB.8.

TABELA 8 - Mudanças observadas e esperadas, entre as questões 7 e 8, nas diferentes categorias de proficiência

		Observado							Esperado							total
		E-E	E-F	E-M	F-F	F-M	M-M	outros	E-E	E-F	E-M	F-F	F-M	M-M	outros	
Baixa	N	9	15	1	21	8	2	4	3,2	7,7	3,2	17,6	16,4	9,0	2,9	60
	%	(15,0)	(25,0)	(1,7)	(35,0)	(13,0)	(3,3)	(2,9)	(5,3)	(12,0)	(5,3)	(29,3)	(27,3)	(15,0)	(4,8)	
Média	N	1	6	9	29	36	18	3	5,5	13,1	5,5	30,0	27,8	15,3	4,9	102
	%	(1,0)	(5,9)	(8,8)	(28,4)	(35,3)	(17,6)	(4,9)	(5,4)	(12,8)	(5,4)	(29,4)	(27,3)	(15,0)	(4,8)	
Alta	N	0	3	0	5	7	8	2	1,3	3,2	1,3	7,4	6,8	3,7	1,2	25
	%	(0,0)	(12,0)	(0,0)	(20,0)	(28,0)	(32,0)	(8,0)	(5,2)	(12,8)	(5,2)	(29,6)	(27,2)	(14,8)	(4,8)	
Total	N	10	24	10	55	51	28	9								187
	%	(5,3)	(12,8)	(5,3)	(29,4)	(27,3)	(15,0)									



Embora alguns estudantes de baixa proficiência ainda estejam no nível de respostas do tipo E na questão 8, evidenciamos um progresso significativo na complexidade das explicações elaboradas pelos estudantes. No GRAF.12 abaixo representamos os tipos de mudança na orientação epistemológica para a transição questão 7/ questão 8, considerando as categorias de proficiência.



**GRÁFICO 12** - Tipos de mudanças na orientação epistemológica entre as explicações das questões 7 e 8, nas diferentes categorias de proficiência em osmose.

Após o teste de avaliação das 30 afirmativas, somente 17 estudantes elaboram respostas do tipo E para a questão 8 sendo que a maioria deles apresentou baixa proficiência em

osmose. O principal fluxo de mudança para os estudantes com baixa proficiência é o E-F. Entre os estudantes de média proficiência, a principal mudança detectada é passar de uma resposta descritiva para uma resposta funcional. Já entre os estudantes de alta proficiência o principal fluxo é o de uma explicação funcional para uma explicação do tipo exposição do mecanismo.

Comparando a mudança observada entre as questões 3 e 7 com a mudança ocorrida entre as questões 7 e 8, verificamos uma redução na frequência de estudantes que permanecem no nível descritivo e um aumento de cerca de nove vezes na frequência da mudança do tipo F-M.

Uma outra forma de olhar para os resultados é considerando se houve ou não mudança na orientação epistemológica da resposta do estudante ao longo da tarefa. As TAB.9 e 10 apresentam os dados de mudança e não mudança para a transição questão 3- questão 7 e para a transição questão 7- questão 8. Nessa tabela também estão registrados os dados dos estudantes que já estavam na categoria M nas diferentes etapas da tarefa.

TABELA 9- Relação entre mudança e não mudança de categoria de explicação na transição 3 e 7

Proficiência em osmose	Mudou	Não mudou	Fica em M	Retroage	Relação mudar/não mudar
Baixa	30,00	27,00	0,00	3,00	1,11
Média	64,00	30,00	2,00	6,00	2,13
Alta	15,00	8,00	2,00	0,00	1,88
Totais	109,00	65,00	4,00	9,00	1,68
%	58,29	34,76	2,14	4,81	

TABELA 10 - Relação entre mudança e não mudança de categoria de explicação na transição 7 e 8

Proficiência em osmose	Mudou	Não mudou	Fica em M	Retroage	Relação mudar/não mudar
Baixa	24,00	30,00	2,00	4,00	0,80
Média	51,00	30,00	18,00	3,00	1,70
Alta	10,00	5,00	8,00	2,00	2,00
Totais	85,00	65,00	28,00	9,00	1,31
%	45,5%	34,8%	15,0%	4,8%	

Esses resultados evidenciam que a atividade propicia mudança no modo de explicar dos estudantes, em todas as categorias de proficiência em osmose. Ou seja, ao longo de cada etapa da atividade, há mais estudantes que mudam do que estudantes que não mudam. Entretanto as mudanças observadas parecem depender do conhecimento que o estudante tem sobre o tema. Para os estudantes de média proficiência, a primeira parte do teste parece ter sido mais significativa em termos de provocar mudança quando comparada à segunda parte da atividade. Isso se explica porque muitos estudantes já elaboraram respostas do tipo M para a questão 7 e, mantiveram explicações desse tipo nas respostas à questão 8. Entre os estudantes de alta proficiência, a relação entre mudar e não mudar foi alta para as duas transições. Parece-nos que ter conhecimento pode favorecer a mudança e isso pode também estar relacionado à confiança que os estudantes têm em seu conhecimento, ou seja, sua habilidade metacognitiva.

Considerando as diferentes categorias de habilidade metacognitiva, a relação entre mudar ou não mudar a orientação epistemológica das respostas está representada na TAB. 11.

TABELA 11 - Relação entra mudança e não mudança de categoria de explicação na transição 7 e 8

Habilidade metacognitiva	Mudou	Não mudou	Fica em M	Retroage	Relação mudar/não mudar
Baixa	47	42	10	5	1,119
Média	32	20	11	3	1,600
Alta	6	3	7	1	2,00
Totais	85	65	28	9	

Os dados apresentados evidenciam que quanto maior a confiança que o estudante tem sobre seu conhecimento maior é a chance de ele mudar o tipo de explicação que ele oferece para a questão 8. Estudantes com alta habilidade metacognitiva apresentam quase duas vezes mais chance de mudança se comparados aos de baixa habilidade metacognitiva.

Estes resultados são compatíveis com nossa hipótese de que o tipo de mudança depende da orientação epistemológica da pergunta, do conhecimento que o estudante tem sobre o assunto e do controle metacognitivo do estudante durante a atividade.

A mudança na orientação epistemológica das respostas elaboradas pelos estudantes pode estar relacionada tanto ao modo como a questão foi formulada pelo pesquisador quanto pelas atividades que intercalaram a elaboração das respostas. A questão 3, não solicitava uma explicação e sim uma previsão do que aconteceria com a folha de alface que foi temperada. Assim, é possível interpretar que os estudantes entenderam que deveriam fazer uma descrição do que aconteceria com a folha de alface. De fato, ao solicitarmos uma previsão, esperávamos uma resposta mais descritiva do que explicativa.

A resposta à questão 7 era elaborada após um ciclo de atividades de observação, comparação e descrição da folha após ter sido temperada. Alguns estudantes que não haviam previsto que a folha iria murchar começam a perceber que a folha estava mudando em relação à sua firmeza. Outros, começam a associar o murchamento com a perda de água ou a outro processo qualquer. De alguma forma, os estudantes começam a selecionar possíveis explicações para o que está acontecendo. Ou seja, a partir das evidências do murchamento da folha, algumas explicações são elaboradas com base em diferentes processos. Assim, temos para a questão 7 um número relativamente grande de respostas anômalas sobre o que estaria acontecendo com a folha de alface.

Uma possível interpretação para as mudanças identificadas na transição questão 7/questão 8 é a de que ao longo da atividade os estudantes que ainda não haviam elaborado explicações mais detalhadas sobre o processo de osmose, ao avaliarem as afirmativas que constituíam o teste, puderam incorporar às suas explicações, detalhes que eles reconheceram como significativos para explicar o murchamento da folha de alface. Este novo modo de explicar está associado a uma reestruturação epistemológica do problema: estudantes que, inicialmente, elaboraram explicações que respondem à pergunta o quê acontece com a folha tendem a responder, após o teste, porque acontece; estudantes que, inicialmente elaboraram explicações que respondiam à pergunta por quê a folha murchar tendem a elaborar respostas que explicam como ocorre este murchamento, de modo a expor, detalhadamente, o mecanismo de saída de água da folha, em função da diferença de concentração entre o meio interno e externo. De modo geral, quando ocorre mudança, a resposta após o teste é mais elaborada, incorporando à explicação detalhes que estavam presentes nas dicas das afirmativas que foram avaliadas por eles.

As idéias de Reder e Schun (1999) podem nos ajudar a entender a mudança na orientação epistemológica, quando consideramos as questões 3 e 7. Os autores discutem que escolha de estratégias para a resolução de um problema depende de fatores extrínsecos e intrínsecos. Entre os fatores intrínsecos eles citam que o tipo de pergunta pode guiar a estratégia de argumentação que é evocada. Neste sentido, as questões que compunham a atividade podem ter guiado a evocação de diferentes modos de argumentação. Enquanto a questão 3 evocou uma estratégia de descrição, as questões 7 e 8 evocaram estratégias de elaboração de explicações, isto é respostas que continham justificativas para o murchamento da alface. A questão 8 também solicitava explicações. Entretanto, esta questão sucedia a avaliação das afirmativas com dicas sobre o processo de osmose. Vejamos alguns exemplos:

O estudante NIS 397\_2003

*Q.3 - Espero que a folha murche. (E)*

*Q.7 - Penso que a folha ficou mole porque perdeu água para a solução salina por osmose. (F)*

*Q.8 - A folha perdeu água para a solução salina por esta ser um meio hipertônico ao meio intracelular e estar separada deste por uma membrana semipermeável. A pressão osmótica da solução é maior que a da composição intracelular havendo passagem de água no sentido seguinte: meio intracelular-solução salina. (M)*

Para a questão 3 este estudante elaborou uma descrição muito simples, focada apenas em aspectos observados diretamente na situação problemática. Entretanto, ele demonstra saber aplicar o conhecimento de osmose. Antes mesmo do exercício de

avaliação das afirmativas ele já explica o murchamento com base na perda de água, por osmose. Já sua explicação final incorpora detalhes das dicas e torna-se mais complexa. O fenômeno agora é explicado em um nível mais abstrato, ele considera entidades que não vê (alteração na pressão osmótica, membrana semipermeável) mas que associa ao murchamento observado durante a atividade. O modelo científico sobre a osmose é utilizado para explicar a perda de água pela folha.

As respostas elaboradas pelo estudante corroboram com a idéia de que o tipo de pergunta pode ter um papel fundamental na orientação epistemológica da resposta. Assim, mesmo estudantes que associaram, desde o início da atividade, o murchamento da alface com processos osmóticos, podem ter elaborado respostas descritivas para a previsão.

O estudante *NIS 115\_2003* também mostrou o mesmo tipo de mudança ao longo da atividade. Suas respostas estão transcritas a seguir:

*Q.3- Ela ficará desidratada, assim, ela não aparentará frescura. (E)*

*Q.7 –A folha deve ter perdido água ficando sem firmeza. (F)*

*Q.8 – Depois de crescido o tempero na alface, a folha perdeu água por osmose. Essa água é perdida por causa da diferença de concentração entre os meios externos e internos da célula do vegetal, assim a célula tenta equilibrar essa diferença. (M)*

As respostas desse estudante também nos dão indícios de que ele associou o murchamento da folha de alface com a perda de água, mesmo sem ter mencionado o nome do processo. Para ele, a atividade da avaliação das afirmativas também parece ter

sido importante. Sua explicação final ficou mais detalhada e também incorporou algumas dicas relevantes das afirmativas.

Cary e Reder (2002) mostram em um artigo de revisão sobre o estudo da metacognição que existem evidências indicando que, durante a realização de uma tarefa, as pessoas usam diferentes tipos de estratégias para encontrar uma determinada resposta. Elas podem procurá-la na memória ou fazer uma inferência. Neste caso, a seleção parece ter interferência de fatores extrínsecos e extrínsecos. Entre os fatores intrínsecos elas indicam que a familiaridade com a tarefa ou com os termos usados na proposição da tarefa podem influenciar o modo como a pessoa fará a busca para encontrar uma determinada resposta. Já entre os fatores extrínsecos elas citam a importância do contexto em que a tarefa é desenvolvida e a história de sucesso com uma determinada estratégia.

Koriat *et al* (2001) também discutem a importância da familiaridade das pistas de uma tarefa nos processos do tipo “sensação de saber”. Os autores propõem, no entanto, que tanto a familiaridade quanto a acessibilidade são importantes e, mais ainda, estes processos são complementares. Segundo eles, inicialmente o mecanismo de “sensação de saber” é determinado pela familiaridade da pista, a seguir, o efeito de acessibilidade se manifesta. Os experimentos realizados por Koriat *et al* (2001) indicaram que o efeito da acessibilidade era, em geral, maior, quando a familiaridade era alta. Os resultados encontrados por eles são consistentes com a idéia de que é necessário relativamente alta familiaridade para iniciar um processo de busca na memória. Koriat *et al* (2001) sugerem ainda que a interação entre a familiaridade e a acessibilidade ocorre somente quando há tempo suficiente para que a familiaridade possa dirigir a busca na memória.



Conjugando a contribuição destes autores, podemos inferir que durante a atividade proposta mecanismos metacognitivos são desencadeados de modo a culminar na elaboração de uma explicação que leva em consideração o envolvimento com a tarefa e o julgamento de pistas.

A acessibilidade diz respeito à quantidade de conhecimento agregado à informação. No nosso caso, consideramos que a palavra osmose agrega uma grande quantidade de informação. Ao lembrar de osmose, o estudante pode estar também lembrando de diferença de concentração entre dois meios, da presença de uma membrana separando os dois meios.

Já afirmativas que contem pistas do tipo: presença de dois meios, diferença de concentração, entrada e saída de água podem ter sido mais familiares para os estudantes. A presença destas pistas nas afirmativas associada à tarefa de avaliação da confiança podem ter propiciado um forte julgamento do tipo `sensação de saber`. Este monitoramento metacognitivo pode ter sido responsável pelo desempenho do estudante já que favoreceu a evocação de conhecimentos que ainda não estavam acessíveis para os estudantes.

Os dados que apresentamos até agora parecem indicar que tanto o conhecimento em osmose quanto as habilidades metacognitivas dos estudantes contribuem para um aumento na complexidade das explicações que ele elabora ao longo da atividade proposta.

Nossos resultados parecem trazer evidências de que tanto a familiaridade quanto a acessibilidade (KORIAT *et al*, 2001) das pistas fornecidas pela tarefa desenvolvida pelos estudantes contribuem na qualidade das explicações elaboradas pelos estudantes.

## **CAPÍTULO 6**

### **Por que a folha de alface murcha quando é temperada?**

Estamos considerando que as explicações dos estudantes apresentam indícios das idéias teóricas que eles mobilizam e articulam para entender um fenômeno e propomos entendê-las como se cada uma delas fosse decorrente de uma teoria ou microteoria. Neste sentido, adotamos o ponto de vista de Argyris e Schön (1974), que consideram teorias como conjuntos de proposições interconectadas que se referem a um mesmo problema. Neste capítulo, vamos apresentar nossa interpretação das respostas dos estudantes a partir das teorias usadas para explicar o murchamento da folha de alface.

#### **Alguns referenciais que orientaram nosso estudo**

Entendemos que as noções teóricas adequadas para as explicações dos estudantes vêm dos estudos sobre conhecimento tácito (POLANYI, 1966, 1958), cognição situada (CLANCEY, 1997, MOREIRA, 2003), e teorias de ação (ARGYRIS & SCHÖN, 1974; SCHÖN, 2000).

As idéias de Polanyi (1966) nos ajudam a entender alguns dos processos envolvidos na evocação do conhecimento de osmose para a resolução da tarefa. Polanyi considera que existem dois tipos de conhecimentos. Um que nós conhecemos e que podemos falar sobre ele e outro que também conhecemos mas não somos capazes de falar sobre ele. A este último ele chamou de conhecimento tácito. São aqueles conhecimentos que

sabemos mais do que podemos falar sobre eles. Na visão de Polanyi toda comunicação ou uso da linguagem baseia-se em conhecimentos tácitos.

Polanyi (1966) considera ainda que a percepção visual depende de pistas marginais que usamos sem termos consciência de que a estamos usando. Estas pistas são subsidiárias ao foco de nossa atenção e possuem uma relação funcional com ele. Entretanto, o conhecimento e a integração destas pistas é tácito. O fato de ser tácito não significa que não possamos comunicá-lo. Nossos conhecimentos podem ser apreendidos a partir de pistas fragmentárias que revelam detalhes e particularidades de um nosso conhecimento tácito. Neste sentido, a comunicação e a aprendizagem são mais do que peças de informações enviadas e recebidas. Elas dependem da integração de pistas que devem ser reorganizadas de tal modo a nos permitir o reconhecimento de uma face, uma planta, um animal.

Polanyi também nos coloca que a compreensão das coisas que constituem o mundo exterior depende do reconhecimento do “todo”, através da interiorização de seus particulares. Para ele, toda elaboração de um argumento explícito se inicia a partir de uma experiência de interiorização. A percepção de um objeto depende da interiorização das partes compreensíveis desse objeto e isto envolve uma grande quantidade de elementos subsidiários. Assim, podemos dizer que a percepção de certos aspectos particulares do sistema (alface + tempero) podem ter contribuído para a elaboração das explicações pelos estudantes.

Na perspectiva de Clancey (1997) sobre cognição situada, o conhecimento humano não consiste de padrões armazenados no cérebro. O conhecimento humano está incorporado na prática das pessoas e se desenvolve de modo a coordenar uma atividade enquanto ela

acontece. Isto significa assumir que o conhecimento humano é adaptado ao ambiente e, desse modo, é dinamicamente re-configurado na ação (SIERHUIS & CLANCEY, 1996; CLANCEY, 1997; MOREIRA, 2003).

Ao assumirmos a visão de cognição situada proposta por Clancey estamos considerando que observar não é só prestar atenção. Observar é um processo que envolve um mecanismo de detecção, de captura de informações de interesse (MOREIRA, 2003). Clancey (1996) se apropria das palavras de Bateson (1972) ao dizer que perceber envolve selecionar diferenças que fazem a diferença.

Por sua vez, Schön (2000) reconhece um “conhecer-na-ação” como um dos tipos de conhecimentos que revelamos em nossas ações inteligentes. O exemplo citado por ele é a performance que exibimos quando andamos de bicicleta. Para ele, o ato de conhecer está na ação. É praticamente impossível expressarmos verbalmente todas as ações, postura do corpo, movimentos de pernas e braços, envolvidas no ato de andar de bicicleta. No entanto, qualquer um de nós que tenha aprendido coordenar estes movimentos, é capaz de sair pedalando. É como dizer que só aprendemos a andar de bicicleta, andando em uma bicicleta. Cada movimento que fazemos prepara nosso corpo para o próximo movimento, e assim por diante. O ato de conhecer está na ação e nós o revelamos quando andamos de bicicleta ou quando interpretamos fatos do dia-a-dia.

Quando aprendemos algo, segundo Schön, somos capazes de executar determinadas tarefas relacionadas àquele conhecimento sem ter que “pensar sobre elas”. Quando andamos de bicicleta ou quando dirigimos um carro, não paramos para pensar no que fazer, simplesmente conduzimos nossas ações de tal modo que não caímos da bicicleta.

Porém, em determinadas situações, alguns resultados de nossas ações podem nos surpreender e não serem compatíveis com aquilo que esperávamos. O freio da bicicleta, por exemplo, pode quebrar no meio do caminho. O que fazer diante dessa situação inesperada? Schön (2000) propõe que quando deparamos com uma situação inesperada, nossa reflexão não interrompe a ação. Refletimos enquanto agimos, não paramos para pensar. Nas suas palavras: *“nosso pensar serve para dar nova forma ao que estamos fazendo, enquanto ainda fazemos, em casos como estes refletimos-na-ação”* (p.32).

Esse processo de refletir-na-ação decorre de mudança do foco da atenção: momentaneamente nossa atenção se dirige para o que estamos mobilizando funcionalmente de forma tácita, trazendo à consciência esses conteúdos – conhecimentos factuais, percepções, concepções, idéias, etc – mobilizados subsidiariamente no conhecer-na-ação.

Ainda segundo Schön, a reflexão sobre nossas ações é um terceiro processo, distinto dos anteriores, e ao mesmo tempo consciente e explícito. Os conteúdos trazidos na reflexão estão na sua forma explícita, projetáveis na verbalização ou em outra forma de representação externa. É exatamente por essa razão que a reflexão sobre a nossa reflexão-na-ação nos possibilita fazer uma descrição do saber tácito que mobilizamos nelas. Estas descrições são sempre tentativas de colocar de forma explícita nosso saber tácito e, quase sempre, apenas espelham partes desse saber tácito. A verbalização de nossas reflexões-na-ação não reflete todo o seu conteúdo, assim como a resultado de nossa reflexão sobre a ação, ainda que por ser essa uma atividade mais consciente e explícita ela se projete de forma mais inteira em nossa verbalização (POLANYI, 1958, ERICKSON & SIMON, 1993).

Argyris e Schön (1974) consideram que existem teorias-de-ação relacionadas às decisões tomadas prontamente nas ações da prática. Para eles, estas teorias-de-ação são os valores, as estratégias e os pressupostos básicos que informam sobre o padrão de comportamento dos membros de um grupo e possibilitam que possamos planejar nosso comportamento em um determinado ambiente. Estas teorias-de-ação são usualmente tácitas, e são adquiridas ao longo de toda a vida. Eles consideram as teorias-de-ação como uma entidade de descrição do conhecimento que informa a ação (p.xxi). Assim, mesmo tendo um caráter principalmente tácito, é possível conhecê-las.

Argyris e Schön distinguem dois níveis em que operam as teorias-de-ação: as teorias acolhidas – que se referem à interpretação do pesquisador sobre as teorias que usamos para justificar nossas ações, nosso comportamento; e as teorias-em-uso – que são as interpretações feitas pelo pesquisador sobre a ação do sujeito.

Para Argyris e Schön as teorias-em-uso constituem a psicologia do dia-a-dia. Todas atividades humanas são orientadas pelas teorias-em-uso das pessoas. São elas que determinam as estratégias adotadas na resolução de um problema. Em particular, se perguntarmos ao estudante como ele elaborou sua explicação do fato observado ele nos dará uma resposta no contexto de justificar a sua ação, usando uma teoria acolhida. Mas ao interpretarmos sua ação poderemos concluir que ele agiu segundo uma teoria-em-uso, que pode coincidir ou não com a teoria que ele declarou. Para Argyris e Schön estas teorias possuem as mesmas propriedades de qualquer outra teoria tais como: a generalização, a estabilidade, a centralidade, a relevância, a consistência e a simplicidade.

Argyris e Schön propõem que as pessoas têm muitas teorias-em-uso, ou microteorias, compatíveis ou não, para um mesmo tipo de situação. Estas microteorias estão relacionadas umas com as outras conforme sua similaridade de conteúdo e lógica e podem ser mobilizadas conforme a percepção que se tem de uma situação específica.

A falarmos em microteorias, adotamos o ponto de vista de Argyris e Schön (1974), que consideram que as teorias são conjuntos de proposições interconectadas que se referem a um mesmo problema. Elas podem ter origem na prática, no senso comum na ciência ou na academia podendo ser verdadeiras ou falsas, boas ou ruins. Por outro lado, devemos considerar também que teorias são descrições feitas por alguém a partir de um certo ponto de vista (MATURANA, 1995, 2001). Em nossa análise, vamos considerar as explicações dos estudantes como produções em que é possível conhecer suas microteorias-em-uso.

A razão para a qual interpretarmos desta forma é que ao ser solicitado a observar e explicar os fatos, em uma situação específica, o estudante modifica sua forma de interpretar a situação, dando um peso maior ou menor aos detalhes e aspectos particulares observados e elaborando um entendimento da situação usando um conjunto de pressupostos teóricos distintos. É como se suas explicações se relacionassem a microteorias distintas

## O que é uma situação inesperada?

A reação das pessoas a situações inesperadas também vem sendo alvo de investigação na área da ciência cognitiva. Chinn e Brewer (1993, 1998 e 2001), por exemplo, identificaram diferentes modos das pessoas responderem a dados anômalos ou situações

inesperadas. A partir das reações das pessoas aos dados anômalos Chinn e Brewer construíram uma taxonomia que leva em conta se o dado foi ou não aceito como válido, se a pessoa oferece ou não uma explicação alternativa para os dados e se houve ou não mudança de teoria. Segundo estes mesmos pesquisadores, estas reações são comuns para diferentes tipos de pessoas: cientistas, adultos, estudantes, e dependem do conhecimento prévio, dos dados obtidos e da análise dos resultados pelos indivíduos. Entre as categorias que eles identificaram, a mudança de teoria só é possível quando a pessoa aceita o dado inesperado e oferece uma explicação alternativa.

Pesquisas sobre a reação das pessoas diante de situações inesperadas não são recentes. Conforme apontado por Borges *et al* (2002), em 1976 Piaget já propunha que diante de uma perturbação (dado inesperado) as pessoas podem apresentar três diferentes possibilidades de reação denominadas conduta alfa, conduta beta e conduta gama. A conduta alfa consiste em uma tentativa de rejeitar ou anular a perturbação. A conduta beta consiste na integração do elemento perturbador ao seu sistema cognitivo e a conduta gama acontece quando o indivíduo é capaz de antecipar, prever possíveis resultados. Neste caso as perturbações podem ser antecipadamente controladas.

Borges *et al* (2002) relacionam a taxonomia de Chinn e Brewer com a teoria de Piaget. Eles apresentam uma comparação entre as categorias alfa, beta e gama de Piaget com as categorias propostas por Chinn e Brewer e propõem que a mudança de teoria é compatível com a reação gama proposta por Piaget.

Frota (2002) faz uma (re)leitura da teoria de Piaget à luz do construto de metacognição ao considerar as condutas alfa, beta e gama. Para a autora estas condutas podem ser consideradas estratégias metacognitivas e propõe que há um salto qualitativo na



aprendizagem quando o estudante passa do saber o quê, para saber como funciona e para saber explicar porque funciona assim.

Em nossa pesquisa estamos dando uma atenção especial às situações que identificamos como inesperadas pelos estudantes. Vamos apresentar evidências que este tipo de situação pode desencadear uma reação do tipo gama na estrutura cognitiva do indivíduo. Nestes casos identificamos mudança de teoria-em-uso.

Percebemos que ao longo da atividade desenvolvida, os estudantes ficaram, em diferentes momentos, diante de situações que podem ser consideradas inesperadas. Por exemplo: para alguns estudantes a folha de alface não iria murchar no intervalo de tempo de duração da atividade. Para surpresa de muitos o tempo foi suficiente. Outros estudantes fizeram previsões considerando mudanças na folha porém não detectaram qualquer alteração. Nestes casos os estudantes estavam diante de situações inesperadas para eles. Outras oportunidades de exposição a uma situação inesperada ocorreram durante a leitura das afirmativas. Além de propiciar um exercício metacognitivo, a avaliação de cada uma das afirmativas pode ser considerada como um momento de exposição a uma explicação que não foi pensada pelo estudante, e neste caso, ela poderia ser interpretada como uma situação inesperada.

As reações dos estudantes frente às situações inesperadas ocorridas durante a atividade foram compatíveis com aquelas propostas por Chinn e Brewer. Porém em nossa pesquisa vamos centrar as discussões nos casos em que percebemos mudança de teoria-em-uso.

## Identificando as teorias-em-uso

Estamos partindo do pressuposto que as explicações dos estudantes são orientadas por teorias ou microteorias e julgamos ser possível identificar estas teorias a partir da interpretação dessas explicações. Desse modo, buscamos nas respostas dos estudantes evidências das teorias-em-uso as quais os estudantes lançaram mão para elaborar cada uma das explicações que compunham a tarefa. Algumas dessas teorias eram compatíveis com o processo de osmose e outras não. Por outro lado, em algumas das explicações não reconhecemos uma teoria que pudesse estar orientando a resposta do estudante. Assim além de identificarmos as teorias-em-uso, classificamos as explicações dos estudantes de acordo com sua compatibilidade com o fenômeno de perda de água desencadeado pela adição da água com sal. Consideramos compatíveis com a teoria de osmose todas as explicações que associavam o murchamento da alface com a perda de água, presença do sal, desequilíbrio na concentração de sais. Classificamos como explicações incompatíveis aquelas que associavam o murchamento com: entrada de água na folha, reações químicas provocadas pela adição do sal, falta de nutriente, rompimento das células, entre outros.

### Explicações contendo teorias compatíveis com a teoria de osmose.

Entre as explicações que consideramos compatíveis com a teoria de osmose, identificamos principalmente dois tipos: respostas compatíveis mas que não apresentam um detalhamento de como ocorreu a saída de água e explicações que apresentam explicitamente a teoria de osmose. Por este motivo, optamos em apresentar os

resultados para as explicações compatíveis separadamente, considerando os dois tipos de respostas que obtivemos.

**a) Explicações compatíveis que não explicitam como ocorreu a saída de água.**

*Acredito que a folha perde água de alguma maneira, acredito que o sal tem tamanha importância para deixar a folha mole e alterar alguma coisa nela. (NIS 205\_2003)*

*A solução de água com sal em contato com a folha fez com que ela perdesse água. Fazendo assim com que a folha murchasse. (NIS 266\_2003)*

*Após colocarmos água com sal na alface ele murchou sua textura mudou, ele ficou mais escuro. Não faço a menor ideia porque isso aconteceu, acredito que ao entrar em contato com as células da alface, o sal tirou sua água. (NIS 258\_2003)*

Nos três exemplos apresentados nota-se que o estudante associou o murchamento da folha de alface à adição do sal. Este foi o tipo de resposta mais frequente para a questão 3. Cerca de 52% dos estudantes esperavam que após a adição do tempero, a folha perdesse água ou murchasse.

**b) Explicações que usam explicitamente a teoria de osmose**

*Ao adicionar água e sal na folha de alface o meio externo ficou mais “salgado” que o meio interno, assim para entrar em equilíbrio as células da alface cederam água, por osmose, para o meio externo. (NIS 67\_2001)*

*As células da alface tinham uma determinada concentração de sal. Quando colocamos o tempero, o meio externo passou a ter uma concentração maior que o meio interno. Quando isso ocorre a água flui do meio menos concentrado para o meio mais concentrado. Então as células perdem água e se desidratam. A alface desidratou. (NIS 96\_2001)*

*A alface ao ser temperada, possuía em seu meio celular uma menor concentração salina do que o tempero. A alface era o meio hipotônico e o tempero o*

*hipertônico. Por osmose, a folha perdeu água para o meio externo no intuito de equilibrar e igualar as concentrações. Assim, a folha murchou-se. (NIS 146\_2003)*

*Penso que a folha ficou mole porque perdeu água para a solução salina por osmose. (NIS 397\_2003)*

*A folha murchou porque a água contida dentro dela saiu por osmose da folha, porque a solução de sal e água é mais concentrada e a água tende a sair pela película da folha porque nela a solução é menos concentrada. (NIS 324\_2003)*

*Após ter sido temperada a concentração de sal no meio extracelular era maior que no meio intracelular. Na tentativa de igualar tais concentrações a folha perde água para o meio extracelular por difusão sem gasto de energia (osmose). Com isso ela murcha. (NIS 302\_2003)*

Nos exemplos citados, os estudantes mostram ter conhecimento sobre osmose. Eles associam corretamente a diferença de concentração estabelecida pela adição do tempero com a perda de água pela folha. Algumas dessas explicações, embora teleológicas, expõem o mecanismo pelo qual ocorre a saída de água das células que constituem a folha de alface.

## **Explicações contendo teorias incompatíveis com a teoria de osmose.**

Neste grupo foram incluídas as respostas que explicavam o murchamento da folha de alface usando teorias que não se aplicam à perda de água decorrente da adição do tempero. As seguintes respostas são exemplos de explicações com teorias incompatíveis com a teoria de osmose:

*Eu acho que os estômatos da folha se abriram e absorveram a água com sal, assim a folha fica encharcada com um aspecto mais mole. (NIS 230\_2003)*

Nesta explicação, o estudante associou a mudança observada na folha com a entrada de água, através dos estômatos. Estômatos são aberturas microscópicas, presentes nas folhas dos vegetais, que permitem a troca de gases entre a planta e o ambiente. São eles os responsáveis pelo controle da transpiração da planta. Em ambientes secos e com pouca água disponível, os estômatos tendem a permanecerem fechados. Em ambientes úmidos os estômatos tendem a ficarem abertos. Quando os estômatos estão abertos, a planta perde água, no estado de vapor, para o ambiente. Entretanto, os estômatos não estão envolvidos com o processo osmótico desencadeado pela adição do tempero.

*A folha foi hidratada, assim ela ficou com mais água, conseqüentemente ficou mais mole e fraca. (NIS 257\_2003)*

*A folha de alface absorveu água ficando murcha. (NIS 201\_2003)*

Estes dois estudantes também associaram o murchamento da folha com a entrada de água. Estamos supondo que eles fazem esta associação em função das experiências cotidianas onde a água é usada para amolecer materiais. Para estes estudantes, ao ficar com mais água a folha ficaria mais mole.

A firmeza dos órgãos de um vegetal, folhas, caule, flores, se deve á presença de água dentro das células vegetais. Podemos até dizer que, nos vegetais a água funciona como um hidroesqueleto. As células vegetais possuem uma parede celulósica muito resistente. Quando a célula está cheia de água, as paredes celulares sofrem uma pressão de dentro para fora e ficam completamente tensionadas, túrgidas. É isto que dá a firmeza que é característica das plantas. Quando a célula perde água esta tensão é eliminada e o vegetal murcha. Assim, associar o murchamento da folha com entrada de água é incompatível não só com a teoria de osmose como também com as teorias relacionadas

à estrutura da célula vegetal. Outras explicações incompatíveis são exemplificadas a seguir:

*Ela perdeu a firmeza porque ocorreu uma reação entre a água temperada com sal e a folha. (NIS 330\_2003)*

*Ela sofreu um processo de deterioração, as enzimas que estão nela atuaram, fazendo-a perder os aspectos enquanto ela estava no pé de alface. (NIS 380\_2003)*

*O sal entrou nos vasilhinhos juntamente com a água e quebrou algumas ligações da alface, fazendo com que ficasse mais mole. (NIS 384\_2003)*

*Houve uma reação da água com sal e a folha o que a fez perder um pouco de nutrientes, fazendo enfraquecê-la. (NIS 267\_2003)*

*A folha de alface quando é retirada do pé naturalmente muda suas características. Aqui podemos perceber que a água + sal atuou como catalisador, acelerando essa reação. (NIS 6\_2003)*

## Explicações sem teoria identificada

Muitos estudantes não esperavam que a folha murchasse e outros, que focaram em experiências cotidianas responderam, por exemplo, que haveria alteração no sabor da folha. Como estamos investigando as teorias-em-uso dos estudantes, estas respostas foram categorizadas no grupo das explicações `sem teoria' de osmose. A questão 3, foi a que apresentou a maior frequência de respostas nesta categoria. Vejamos algumas explicações consideradas *sem teoria* de osmose:

*Acredito que a folha fica mais mole, um pouco menos amarga e ficou molhada com sal. (NIS 205\_2003)*

*Talvez o seu sabor altere devido à adição do sal. (NIS 399\_2003)*

*Nenhuma alteração. (NIS 216\_2003)*

*Após temperar a folha foi possível observar que: a folha que antes era firme se tornou amolecida – a cor que era verde intenso ficou mais claro - as nervuras centrais da folha ficaram desgastadas – nas bordas onde a solução do tempero passou e escorreu ficou mais seca do que antes. (NIS 53\_2003)*

*Eu acho que o sal destruiu os microrganismos e agrotóxicos que estavam presentes na folha deixando ela mais fraca. (NIS 364\_2003)*

Estes estudantes não demonstraram, em suas explicações, terem evocado teorias explicativas relacionadas ao conhecimento de osmose.

Os resultados que obtivemos a partir dessa análise são apresentados na TAB.12.

Lembrando que a questão 3 solicitava uma previsão sobre o que aconteceria com a folha de alface após ser temperada, a Questão 7 era apresentada após a observação da folha temperada (já murcha) e solicitava que o estudante explicasse o que havia acontecido com a folha; a Questão 8 era apresentada após o exercício de avaliação das afirmativas e também solicitava que o estudante explicasse o que havia acontecido com a folha de alface.

Entre as respostas dos estudantes para a questão 3, consideramos que 62% eram respostas em que podíamos inferir teorias compatíveis com o processo de osmose. Os estudantes que elaboraram estas respostas estavam esperando que, após a colocação do tempero, a folha murchasse ou perdesse água.

Já para a questão 7, identificamos uma redução no número de explicações compatíveis e também no número de explicações sem teoria identificada. Estamos entendendo que ao interagir com a atividade o estudante evoca teorias explicativas, compatíveis ou não com o processo osmótico. Enquanto que a resposta à questão 3 envolvia um forte

componente do cotidiano, a resposta à questão 7 já dependia de conhecimento escolar. Isto pode explicar, em parte, o aumento de explicações incompatíveis para a questão 7.

TABELA 12 - Teorias-em-uso (TU) identificadas nas respostas dos estudantes para as questões 3, 7 e 8.

Teorias-em-uso	TU <sub>3</sub>	TU <sub>7</sub>	TU <sub>8</sub>	Grupo
	Frequências			
Perda de água	18	27	20	
	10%	14%	11%	
Murchamento	76	0	3	Teorias compatíveis com osmose
	41%	0%	2%	
Papel do sal	3	18	7	
	2%	10%	4%	
Osmose + diferença de concentração	19	57	120	
	10%	30%	64%	
Sem teoria	24	14	14	
	13%	7%	7%	
Nenhuma mudança	21	13	4	Não reconhecemos uma teoria explicativa
	11%	7%	2%	
Absorção de água	3	14	10	
	2%	7%	5%	
Reação química	1	15	3	
	0,5%	8%	2%	
Decomposição	3	2	0	Teorias incompatíveis com osmose
	2%	1%	0%	
Ressecamento	4	0	0,	
	2%	0%	0%	
Tempo insuficiente	4	4	0	
	2%	2%	0%	
Outras	11	23	6	
	6%	12%	3%	

Após a atividade de avaliação das afirmativas a frequência de explicações compatíveis com osmose aumenta para 80% enquanto que somente 10% das explicações são incompatíveis com osmose. Parece-nos que ao avaliarem as afirmativas, os estudantes



podem ter colocado em cheque as teorias que estavam usando para explicar o murchamento da alface o que propiciou a elaboração de explicações baseadas em outras teorias explicativas.

Estes resultados apresentam evidências de que diante de uma situação problemática, os estudantes lidam com várias teorias: da vida cotidiana (...o sabor da alface vai mudar; a alface vai ficar com aspecto de `queimada`) e da vida escolar (...a alface perde água por osmose; ...ocorreu uma reação química entre a alface e o sal...). Acreditamos que durante a atividade as teorias-em-uso dos estudantes são colocadas em cheque. Dependendo do conhecimento sobre osmose e da confiança que os estudantes têm sobre esse conhecimento, eles podem abandonar e/ou trocar suas teorias-em-uso por outras consideradas mais adequadas à situação. Nestes casos, podemos dizer que os estudantes mudam a teoria-em-uso durante a atividade.

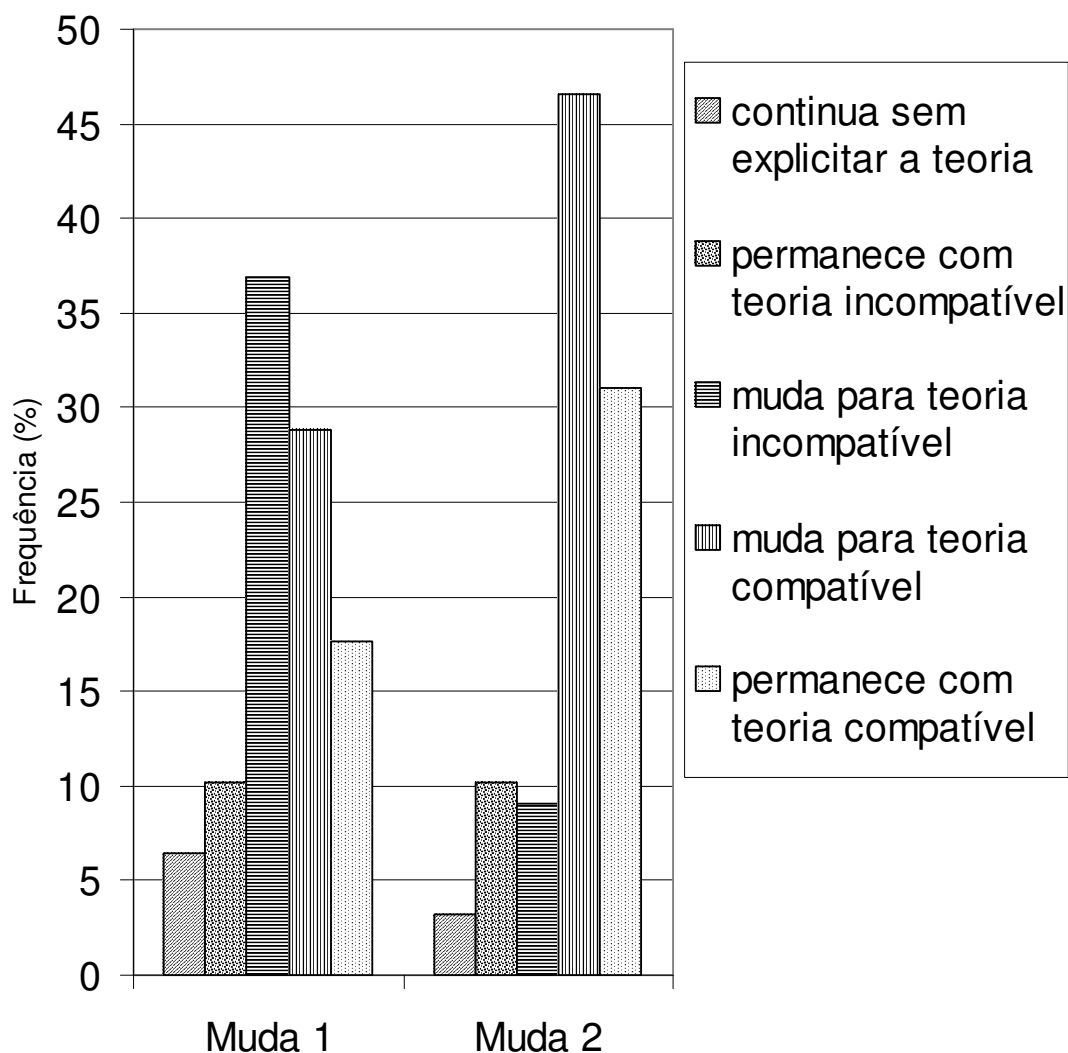
Mas, porquê o estudante muda o modo de explicar e muda as teorias explicativas ao longo da tarefa? Podemos inicialmente pensar que a atividade desenvolvida depende dos conhecimentos dos estudantes sobre o processo osmótico. E, mais, depende do estudante evocar estes conhecimentos. Todas as atividades envolvendo observação e descrições tinham o objetivo de propiciar estes momentos de contemplação e evocação de conhecimento. Talvez seja por isso mesmo que o conhecimento que o estudante usa para explicar o que está acontecendo com a folha de alface parece não ser muito estável. Ora ele explica usando uma teoria, ora ele faz uma explicação usando outra teoria, às vezes incoerentes entre si. Nossos resultados trazem evidências de que os estudantes mudam suas teorias-em-uso.

## Mudanças identificadas

Ao constatarmos que os estudantes mudam sua teoria-em-uso ao longo da atividade desenvolvida passamos a investigar que tipos de mudanças ocorreram. Também nos interessava investigar se havia alguma relação entre conhecimento em osmose (proficiência) e habilidades metacognitivas com as mudanças identificadas. Nesta seção vamos apresentar os resultados que obtivemos nesta investigação.

Comparamos inicialmente as teorias-em-uso identificadas nas respostas para a questão 3 com as identificadas nas respostas para a questão 7. Estamos chamando Muda1 o tipo de mudança identificado. Comparamos também as teorias-em-uso identificadas nas respostas para a questão 7 com as identificadas nas respostas para a questão 8. A mudança identificada foi denominada Muda 2. O GRAF.13 apresenta as frequências de mudanças observadas ao longo da tarefa.

Os resultados apresentam evidências de que o teste aplicado entre as questões 7 e 8 foi significativo para a mudança. Ao compararmos as respostas da questão 3 com as respostas da questão 7 (muda 1) observamos que 29% dos estudantes mudam de uma teoria incompatível para outra compatível com osmose e 20% permanece com uma teoria compatível desde o início da atividade. Por outro lado, 37% dos estudantes mudaram de uma teoria incompatível para outra incompatível. Podemos inferir que para estes estudantes, as atividades de observação e comparação desenvolvidas não foram suficientes para que eles evocassem seus conhecimentos sobre osmose, mas contribuíram na mobilização de diferentes teorias explicativas.



**GRÁFICO 13** - Tipos de mudanças identificadas nas respostas dos estudantes entre as explicações fornecidas para as questões 3 e 7 (muda 1) e 7 e 8 (muda 2)

Por outro lado, quando comparamos as respostas à questão 7 com as respostas à questão 8, constatamos que somente 3% dos estudantes permanecem sem teoria explicativa ao responderem a questão 8. Cerca de 31% dos estudantes permaneceram com teorias compatíveis e 46% mudaram para uma teoria compatível com osmose, perfazendo um total de aproximadamente 78% das explicações à questão 8 compatíveis com a teoria de osmose.

Os resultados que apresentamos corroboram com a idéia de que a atividade de avaliação das afirmativas teve um papel bastante importante na avaliação das teorias usadas para elaborar a explicação 7. Ao avaliarem as afirmativas que compunham o teste de 30 itens, os estudantes puderam também avaliar como haviam explicado o murchamento da alface. Esta avaliação, associada ao processo de reflexão, pode ter sido significativa para a mudança de teoria-em-uso.

Podemos estudar o efeito do teste considerando as categorias de proficiência em osmose. Neste estudo vamos verificar se houve ou não mudança no tipo de teoria-em-uso que o estudante evocou para elaborar sua explicação final e ainda, se esta mudança foi positiva ou negativa. Estamos chamando positiva a mudança de uma teoria incompatível para outra compatível e também quando identificamos que o estudante passa de uma explicação sem teoria para outra compatível ou não com osmose. Neste último caso, a mudança foi considerada positiva porque há um esforço do estudante em elaborar uma explicação.

Entretanto se a mudança foi de uma teoria compatível para outra incompatível ou de uma explicação com algum tipo de teoria para outra sem teoria identificada, consideramos a mudança negativa. Os resultados são apresentados na TAB.13.

Ao estudarmos as mudanças relacionando-as com o conhecimento do estudante em osmose (inferido a partir da proficiência no teste) parece ficar evidente que o teste foi significativo para a mudança positiva. A freqüência de estudantes que pioraram o tipo de explicação foi menor do que 10% em todas as categorias de proficiência. Por outro lado, estudantes que já apresentavam teorias compatíveis na questão 7, tendem a permanecer com teorias compatíveis na questão 8. Em todas as categorias de

proficiência mais de 90% desses estudantes elaboraram explicações compatíveis com osmose na questão 8.

TABELA 13 - Qualidade da mudança nas categorias de proficiência em osmose

Proficiência em osmose	Estado na questão 7	MUDANÇA (%)		
		Negativa	Permanece	Positiva
Baixa	Sem teoria	0	38	63
	Teoria incompatível	7	34	59
	Teoria compatível	9	91	0
Média	Sem teoria	0	0	1
	Teoria incompatível	3	25	73
	Teoria compatível	7	93	0
Alta	Sem teoria	0	0	1
	Teoria incompatível	0	20	80
	Teoria compatível	5	95	0

Outro dado interessante é que o teste de avaliação parece ter sido mais positivo para os estudantes que ainda não haviam associado o murchamento da alface com alguma teoria explicativa ou que ainda não tinham evocado teorias compatíveis com osmose. Podemos dizer que para estes estudantes o teste foi fundamental para a mudança de teoria-em-uso.

O fato de não termos observado diferenças muito significativas entre as classes de proficiência não foi surpresa. O papel das afirmativas com as dicas era principalmente o de expor os estudantes às dicas. Independentemente de ele ter acertado ou não o item, ao ser colocado diante de uma avaliação do item e ainda, diante de uma avaliação do conhecimento que tinha sobre o item o estudante evocou seus conhecimentos sobre o

assunto. É possível, ainda, que o teste tenha propiciado um aprendizado sobre o assunto. Alguns estudantes, da segunda série, que haviam declarado informalmente que ainda não tinham aprendido o tema osmose, elaboraram explicações relativamente complexas. Um dos desdobramentos dessa pesquisa será o de investigar o papel da tarefa desenvolvida no aprendizado de osmose.

## A situação inesperada e sua relação com a mudança de teoria-em-uso.

Vimos que ao longo da atividade alguns estudantes mudam sua teoria explicativa. Esta mudança tanto pode ser de uma teoria incompatível para outra também incompatível quanto de uma teoria incompatível para outra compatível. Considerando as idéias de Argyris e Schön (1974), Schön (2000) e Chinn e Brewer (1993, 1998 e 2001) vamos propor que uma dos fatores que contribuem para a mudança de teoria-em-uso é a surpresa desencadeada por uma situação inesperada.

Durante a atividade desenvolvida pudemos detectar algumas situações inesperadas para os estudantes. Vamos apresentá-las considerando o conjunto de respostas dos estudantes como se fosse a história da interação de cada estudante com a atividade. Nessas histórias vamos identificar as expectativas dos estudantes, suas teorias-em-uso, seu modo de pensar.

## Interpretando três casos

A seguir relatamos a análise das explicações elaboradas por três estudantes ao longo da realização da tarefa. Aqui a tentativa é elaborar uma história de como o pensamento do estudante se modificou no decurso da atividade.

### **O estudante NIS\_01\_2001**

Ao ser solicitado para descrever a folha de alface antes do tempero o estudante fez a seguinte descrição

*A folha está consistente, verde do meio para as extremidades. Esta enrugadinha e tem um talinho bem firme.*

Embora a descrição tenha sido sintética, ela nos revelou uma observação cuidadosa. O estudante percebeu detalhes como a variação de cor do centro para as extremidades e considerou aspectos importantes como firmeza e consistência da folha. Ao ser questionado sobre o que aconteceria com a folha se ela fosse temperada ele respondeu:

*Que a folha perca um pouco da consistência, já que deve perder água.*

Novamente ele se referiu à consistência da folha. Podemos inferir que para ele consistência está associada à firmeza da própria lâmina foliar. Ele ainda nos dá pistas de que associou a consistência da folha à presença de água no interior das células que constituem a folha. É essa noção teórica, ou teoria-em-uso, que lhe permitiu predizer que se houver perda de água haverá perda de consistência. A perda de água é compatível com a teoria de osmose, ainda que ele não tenha explicitado que estava a pensar nesse processo. Para este estudante, a pista “consistência” ou “firmeza” da folha

parece ter sido importante e pode estar associada à sua vivência com esta problemática em situações do cotidiano.

Entretanto, ao observar a folha algum tempo após a adição do tempero, ele não percebeu nenhuma alteração em sua firmeza. Neste sentido, ele se vê diante de uma situação que não havia previsto e, para a qual, sua teoria-em-uso não era suficiente.

*A folha não se modificou, talvez devido à pequena concentração da solução de NaCl que foi utilizada e ao pequeno intervalo de tempo que não permitiu uma desidratação (amolecimento) perceptível.*

Esta situação nova parece desencadear um processo de reflexão-na-ação. Na tentativa de justificar o resultado inesperado ele propôs duas hipóteses que lhe permitiriam explicar o resultado se sua teoria-em-uso fosse uma teoria de osmose: a baixa concentração de sal e o tempo insuficiente.

Destaque-se que o estudante pareceu-nos ter clareza, e daí consciência, do que observou e daquilo que deveria explicar. A diferença entre sua previsão de perda de água e a não modificação das características da folha foi, para ele, um resultado inesperado. Frente a esta situação nova e inesperada ele reafirmou o mecanismo básico que levaria à perda de consistência, ou firmeza da lâmina foliar, que é a desidratação. Ao propor que a pequena concentração de NaCl poderia explicar o resultado observado - a folha não murchou como ele havia previsto - nos leva a inferir que sua teoria-em-uso era a teoria de osmose, ainda que esta não seja mencionada. A segunda hipótese, a do pequeno intervalo de tempo, parece sugerir que ele tinha noção de que a observação macroscópica dos processos de transporte envolvidos dependia de tempo. Aparentemente a atividade de responder às questões e julgar seu grau de certeza na resposta parecem ter reforçado sua teoria-em-uso. A sua folha ainda não tinha



respondido ao tempero da forma esperada. Ele, então observou o que aconteceu com as folhas dos colegas e lança mão de uma terceira hipótese para explicar o fracasso de sua previsão: a idade da folha.

*A alface perdeu água por osmose, através da membrana celular semipermeável, e o reflexo disso foi o amolecimento da folha e a perda do aspecto rugoso, observado nas folhas dos colegas, pois a minha é nenê e não aconteceu nenhuma mudança muito radical.*

Aqui temos a confirmação de sua teoria-em-uso é a teoria de osmose. A atividade de avaliação das afirmativas enriqueceram seu vocabulário e permitiram uma explicação mais detalhada. Não fica claro porque ele abandonou as hipóteses *ad-hoc* da concentração de NaCl e do pequeno intervalo de tempo envolvido na tarefa, em favor da nova hipótese da idade da folha. Aparentemente isso foi motivado pela percepção dos resultados nas folhas de seus colegas que eram maiores.

O caso relatado é consistente com a estabilidade das teorias-em-uso proposta por Argyris e Schön (1974). Podemos perceber que o estudante não abandonou, em nenhum momento, sua teoria-em-uso, a teoria de osmose. Todas as explicações que ele elaborou apresentam evidências de que estão sendo guiadas pela teoria de osmose. Mesmo diante de situações inesperadas ele permaneceu com sua teoria inicial, e explorou livremente hipóteses *ad-hoc* para explicar porque é que a folha que ele tinha em mãos não havia murchado. Ao longo da atividade, ele elaborou e abandonou duas dessas hipóteses *ad-hoc*, para finalmente se fixar em uma terceira – a folha é nenê - para explicar o que aconteceu com a folha dele.

No caso deste estudante, os processos de reflexão na ação e reflexão-sobre-a-ação proposto por Schön (2000) parecem ter tido papéis distintos. De um lado, a reflexão-na-

ação parece ter sido responsável pela proposição de hipóteses alternativas para justificar o dado inesperado. De outro, a reflexão-sobre-a-ação, propiciada pelo exercício de avaliação das afirmativas, parece ter sido importante para reforçar sua teoria-em-uso. Ao avaliar as afirmativas que compunham o teste, o estudante pode perceber que sua teoria-em-uso era consistente com a teoria de osmose.

### **O estudante NIS\_03\_2001**

Ao descrever a folha de alface o estudante revelou que o foco da atenção parece ter sido a forma e a cor da folha e, não, a firmeza.

*A folha de alface apresenta uma forma irregular, tendo o aspecto de um leque, tem cor verde e muitas "nervuras" que saem do meio da alface.*

Ao ser questionado sobre o que aconteceria com a folha após ser temperada o estudante respondeu

*Nada.*

Entretanto, embora na descrição que fez no início da atividade não tenha explicitado o foco na firmeza da folha, ao longo da tarefa ele percebeu que a folha estava perdendo a firmeza

*Eu não tinha previsto, mas parece que a folha de alface ficou enrugada e meio mole, ela não tem mais a firmeza que tinha antes de ser temperada.*

O estudante aceita este resultado inesperado. Sua explicação para o murchamento foi:

*Talvez o tempero tenha reagido com a água, fazendo com que a folha perdesse água.*

Embora sua teoria-em-uso fosse, em parte, incompatível com a teoria de osmose (não ocorre reação química entre o tempero e a água), o estudante relacionou o

amolecimento da folha com perda de água. Após a atividade de avaliação das afirmativas e de refletir sobre as respostas que havia elaborado o estudante propôs uma outra explicação para o murchamento da folha.

*A alface perdeu o aspecto de firmeza porque perdeu água. Essa perda se deve ao fato da alface ter sido temperada com sal, pois desta maneira a concentração interna ficou menor que a externa, então a célula na tentativa de equilibrar essa situação liberou água.*

Podemos interpretar que o estudante passou por três mudanças importantes ao longo da tarefa. Inicialmente ele não esperava mudança na folha temperada. Após perceber que a folha mudou seu aspecto pois murchou, ele passou a usar uma teoria de reação química entre a folha e o tempero. Em seguida, fez a atividade de avaliação das afirmativas, e por fim, elaborou uma explicação em que usa a teoria de osmose. A primeira mudança é fruto de uma reflexão-na-ação, desencadeada pela situação inesperada. Ao contrário do que ele havia previsto, a folha murchou. A última mudança pode ser resultante tanto de suas habilidades metacognitivas quanto do processo de refletir sobre a atividade enquanto respondia às questões propostas.

### **Estudante NIS 21\_2001**

A descrição inicial elaborada por este estudante apresentou evidências de que a sua observação é detalhada. No entanto, parece-nos que a firmeza da folha não foi um aspecto que ele considerou relevante:

*A folha apresenta diferentes tonalidades de verde. Quanto à forma, ela é fina e longa, com partes enrugadas e tendo a sua parte central mais rígida do que as bordas. As bordas são mais ásperas que o centro e a folha possui nervuras bem distribuídas. Uma face é mais verde, escura e áspera do que a outra.*

Ao longo da atividade ele esperava que a folha murchasse e que também escurecesse um pouco. Porém percebeu que:

*Ao invés de escurecer a folha clareou um pouco.*

O fato da folha aparentemente ter clareado e também ter ficado mais maleável parece ter contribuído para ele supor, surpreendentemente, que a folha tivesse ficado mais hidratada, ou seja, que a folha tivesse absorvido água do meio

*As alterações podem ter ocorrido pelo fato da diferença de concentração entre a solução aquosa e as células da folha. A água passou para as células da alface.*

A avaliação das afirmativas da segunda parte da atividade parece ter colocado em xeque sua teoria de absorção de água e sua explicação incorporou algumas das dicas.

*Com a diferença de concentração entre os meios (externo às células, interno às células ) as moléculas de água se deslocaram para o meio mais concentrado, assim, quando foi colocado o sal na folha, suas células perderam, por osmose, água para o meio exterior. Quando foi colocado  $H_2O$  + sal conforme água se evapora a alface perde água para o sal, assim, suas células se esvaziam a folha murcha e a concentração de clorofila aumenta, deixando-a mais verde.*

A explicação elaborada pelo estudante é interessante porque inicialmente ele explicou o murchamento da folha de alface utilizando a teoria de osmose, mas em seguida, atribuiu a perda de água, não ao processo de osmose, mas à evaporação. Ele parece ter tido clareza de que as células haviam perdido água, o que teria aumentado a concentração de clorofila e justificaria a cor mais verde da folha. Porém, pareceu-nos que embora o estudante tenha relacionado o murchamento da folha com a diferença de concentração, a teoria-em-uso para explicar este murchamento foi a de evaporação de água.

Parece-nos que para este estudante, a avaliação das afirmativas não contribuiu para a compreensão do que estava acontecendo com a folha. Embora ele tenha incorporado em sua explicação final, informações sobre a diferença de concentração, presentes nas dicas, ele não associou a perda de água com osmose.

Não podemos deixar de mencionar que de fato, a planta também perde água por evaporação. O murchamento de folhas destacadas da planta e abandonadas no ambiente é decorrente tanto da evaporação da água quanto da transpiração da planta. Tanto a evaporação quanto a transpiração ocorrem em função de processos que envolvem diferença de concentração entre dois meios. A planta perde água para o meio quando o meio está menos úmido do que a planta. Entretanto, na atividade que desenvolvemos, a folha ficou coberta com água e sal. Alguma evaporação poderia até mesmo acontecer, mas, neste caso, a água evaporada seria a do ambiente externo à folha (tempero) e não a água que está dentro das células vegetais.

Para este estudante o processo de reflexão-sobre-a-ação também pode estar envolvido na mudança de teoria que identificamos, mas não foi significativo para aceitar a teoria de osmose.

Os três casos que relatamos são apenas alguns exemplos de tipos de histórias que conseguimos identificar entre as respostas dos estudantes. As mudanças mais frequentes que identificamos foram aquelas em que o estudante mudou, de uma teoria incompatível com osmose, para outra compatível com osmose, conforme apresentamos no GRAF.14. Estes resultados sugerem que os momentos de reflexão-na-ação e sobre a ação propiciados pela atividade desenvolvida tem um papel significativo na mudança de teoria-em-uso.

## Processos envolvidos na resolução de uma tarefa

Com o objetivo de buscar detalhes dos processos envolvidos na resolução da tarefa proposta para os estudantes, em especial o foco de atenção e os processo reflexivos, realizamos algumas entrevistas com estudantes que estavam cursando a terceira série do ensino médio.

As entrevistas foram realizadas em duplas de alunas, com exceção de um aluno que foi entrevistado individualmente, em função da disponibilidade de horário. As duplas foram formadas por afinidade e compatibilidade de horário dos participantes, sem a interferência da pesquisadora. Ao todo foram realizadas 6 entrevistas, sendo uma individual e 5 em duplas. As entrevistas foram gravadas em fita de áudio. Durante a entrevista os participantes realizavam a mesma atividade de temperar a folha de alface e respondiam, oralmente e por escrito, às questões propostas pela pesquisadora.

A seguir vamos discutir alguns trechos das entrevistas, destacando algumas falas em que identificamos pistas sobre alguns processos relacionados à compreensão da tarefa proposta. Os nomes dos estudantes são fictícios, porém o gênero foi respeitado.

### **A dupla Júlia e Clarisse**

Júlia e Clarisse estavam bem à vontade. Elas ficavam o tempo todo mexendo na folha que foi temperada. Mesmo quando desviavam do assunto, estavam observando a folha. Os comentários que fizeram sobre a descrição da folha antes de ser temperada podem indicar que a observação da folha foi cuidadosa. Tanto para a Júlia quanto para a Clarisse a firmeza foi uma característica que chamou a atenção como destacado no seguinte trecho:

*...está nova, brilhando, verde, é forte..., uma folha **murcha** você segura e ela cai....* (Clarisse)

*Ela está verde clara, **ainda**...úmida, rígida, quando você pega ela não quebra, ela tem essas ondulações... **ainda*** (Júlia)

Júlia parecia estar prevendo que algo iria acontecer com a folha. Sua fala tem uma temporalidade marcada pela palavra ainda. Parece-nos que ela sabia que a folha iria murchar, embora não tivesse explicitado.

Ao longo da atividade, ficou evidente que as alunas partiam de pontos muito diferentes. Clarisse achava que o tempero não iria causar mudanças na folha. Diferente de Clarisse, Júlia, desde o princípio da atividade previa que a folha iria mudar porque perderia água. Ela explicitou sua microteoria-em-uso - perda de água por desidratação provocada pelo sal - desde do início da atividade. Em resposta à questão sobre o que iria acontecer com a folha ela afirmou.

*.....eu acho que quando murcha, ela perde essa rigidez, porque perde água...* (Júlia)

Por outro lado, a microteoria-em-uso da Clarisse era a de que a água com sal não causaria mudanças na folha porque a folha não absorveria a água que foi colocada sobre ela. Júlia não concordou com Clarisse. Podemos interpretar que a partir de suas microteorias elas fizeram previsões contrárias sobre o que aconteceu com a folha. Enquanto Júlia explicou o murchamento por perda de água Clarisse entendeu que a folha estava absorvendo água.

*Júlia - eu acho que o sal que está do lado de fora vai tirar um pouco da água que está dentro...olha só ela já esta ficando toda mole...*

*Clarisse –...se a folha perder água não vai ser a água com sal que vai tirar a água da folha...é o fato de ter retirado a folha da planta que vai fazer com a ela perca água`*

*Júlia – acho que ela vai perder água porque eles usam sal para desidratar carne! Talvez a folha, não sei...olha só, o sal costuma absorver a água do ambiente então costumam colocar arroz misturado no sal`...*

*Clarisse - ...ela não murchou, eu acho, mas...ela ficou mais transparente...(em dúvida).*

A pesquisadora interferiu e deu uma outra folha para as alunas compararem com a que havia sido temperada. Júlia confirmou sua previsão de que a folha perdeu a rigidez, comentou que já havia pensado nisto, em casa. Mas, Clarisse estava resistente em notar alguma alteração na firmeza da folha. Insistia em dizer que

*A folha está mais transparente...está mais molenga mesmo...a folha ficou mais mole mas não murchou....ela continua nova (...).eu não acho que foi o fato dela ter perdido água, pelo contrário, parece que ela absorveu mais água porque...ficou mais mole....*

A pesquisadora pediu explicações.

Clarisse associou murchamento com estar mais seca, lembrou que no outono as folhas ficam amareladas e caem. Pareceu-nos que os aspectos particulares que ela selecionou como foco de atenção não foram suficientes para explicar o que estava acontecendo com a folha de alface. Por outro lado, Júlia parecia mais segura, associou a rigidez da folha com presença de água em seu interior.

*Eu penso justamente o contrário. Eu acho que ela perdeu água, ela estava rígida, mas ela tinha mais água (Júlia)*



Quando a pesquisadora solicitou que elas explicassem o que estava acontecendo com a folha, Clarisse comentou

*...a folha se modificou após o contato da água com sal. Aí eu tenho duas hipóteses: ou a planta perdeu água, o que eu acho que é improvável porque ela ficou mais mole, ou a planta absorveu água, o que eu acho mais possível.*

Aqui nos parece que Clarisse começou a pensar na possibilidade da folha estar perdendo água e passou a lidar com as duas microteorias que são incompatíveis – ou a folha perdeu água, ou absorveu água. A princípio ela não abandonou sua idéia inicial de que a água com sal não iria alterar o aspecto da folha. Embora tenha percebido que a folha estava ficando mais `molenga` ela não associou esta característica com murchamento ou com perda de água, mesmo com a insistência da Júlia que reafirmava que a folha havia perdido água por causa do sal.

Iniciamos então a atividade de leitura e avaliação de dicas relacionadas ao processo de osmose. A primeira afirmativa fazia referência à existência de dois meios distintos no experimento. Nossa intenção era a de chamar a atenção do estudante sobre a importância do meio intracelular e extracelular para a atividade que estava sendo desenvolvida. Entretanto, as alunas expressaram estranheza em relação a esta afirmativa.

A seguir foram apresentadas três afirmativas importantes para a compreensão do processo. Uma delas continha a dica da presença de uma membrana separando o meio intracelular do meio extracelular, a seguinte associava a perda da resistência com a perda de água e a outra associava o murchamento com a diminuição do volume da célula.

Desde início da atividade, Clarisse não havia associado a perda da resistência com a perda de água mas, ao ouvir a afirmativa associando o murchamento com a diminuição do volume ficou aflita

*Clarisse: Ai, Jesus!!!.....posso mudar a resposta?*

*Pesquisadora - Qual resposta você quer mudar?*

*Clarisse -a 3 – porque , realmente parece que o trem ficou murchado... é porque o volume diminuiu, né, então perdeu água..., senão ela teria inchado*

Considero que esta tenha sido a dica mais importante para a Clarisse. Desde o início da atividade ela resistia em aceitar que a folha murchava porque perdia água, como defendia a Júlia. A associação do murchamento com a diminuição do volume celular fez muito sentido para ela. Ao perceber seu erro, ao supor que a folha iria ganhar água e murchar ela exclamou `ai Jesus!` Logo após perguntou se poderia mudar a resposta anterior. Podemos dizer que a atividade de contemplação promoveu uma reflexão-sobre-a-ação. Ela apostava que a folha iria ganhar água entretanto concordava com a dica apresentada pela pesquisadora que era coerente com a perda de água. Nesse sentido, a afirmativa teve o papel de provocar uma situação inesperada para Clarisse. Ela pode ter evocado conhecimentos sobre a estrutura da célula vegetal como por exemplo a presença de um vacúolo cheio de água que dá a folha uma certa firmeza. A partir desse momento sua `teoria-em-uso` mudou. Ela passa a considerar que a folha perdeu água.

A imersão na tarefa de avaliação das afirmativas também foi importante para a Júlia. Ela começou a lembrar de uma aula de anos atrás. Podemos dizer que a afirmativa continha dicas que levaram Júlia a evocar uma experiência vivida associada à

aprendizagem sobre o tema. Júlia associou o que estava acontecendo com a folha de alface com alguma coisa que ela aprendeu em outra época de sua vida escolar.

*AH!!....estou lembrando da minha aula – (risos)*

A pesquisadora leu a afirmativa sobre diferença de concentração entre dois meios.

*Clarisse– como é que é o nome disso, alguma coisa osmose...*

*Júlia – ...não é osmose não...*

Aqui podemos perceber que Clarisse, embora um pouco insegura, já associou o fenômeno do murchamento com osmose. Para Júlia a palavra osmose ainda não fazia sentido. A próxima afirmativa apresentada pela pesquisadora confirmou o que a Clarisse já havia lembrado,

*Pesquisadora: A folha perdeu água por osmose*

*Clarisse – Ahhhh!!!! eu quero mudar essa daqui (se referindo a afirmativa 3 e muito aflita)*

A seguir foram apresentadas mais duas outras afirmativas e a discussão sobre o processo envolvido continuou.

*Júlia - ...é por osmose sim, mas é que tem outro treco que não acontece assim...fica mais concentrado, mais concentrado...não, acho que eu estou viajando!*

*Clarisse – eu quero mudar a pergunta 3 que a folha perde água, e é realmente....se for em concordância com todas as perguntas seguintes..... se você pingou um meio mais...uma coisa mais concentrada, que estava em contato com as células da folha...aí...se bem que esta folha já foi arrancada, né? Aí, esta folha falou assim, vamos reagir...aí ela perde água pra diluir o meio mais concentrado, aí ela muda.*

*Pesquisadora: O que te fez lembrar dessas coisas? Porque você está falando sobre isso?*

*Clarisse. A folha tem um certo teor de água e de sal, pelo menos o corpo humano é assim. Vamos supor que se isto fosse o pedaço de um braço...aí você pingou alguma coisa que desequilibrou...*

*Júlia: é o que a gente faz com a lesminha....*

*Clarisse: É...Para ela derreter, aí quando a folha viu que ela estava em contato com uma coisa mais concentrada, ela tratou de perder água para equilibrar, aí ela murchou, ficou mole...*

Podemos inferir, a partir desse diálogo, que a atividade propiciou a evocação dos conhecimentos sobre o processo de osmose. As alunas associaram a osmose a outras vivências e a outros conhecimentos, estabeleceram relações de causa e efeito, fizeram generalizações. A exposição às dicas propiciou um novo olhar interpretativo sobre a tarefa. Para estas alunas duas pistas parecem ter tido maior importância: a pista sobre a perda da resistência e a pista sobre a diminuição do volume da célula. Possivelmente estas pistas tiveram um papel importante na mudança de teoria-em-uso pela Clarisse. Nas palavras de Bateson (1972) as alunas selecionaram as diferenças que fazem a diferença ou como diria Polanyi (1966) elas selecionaram as pistas que subsidiaram a compreensão do fenômeno.

A seguir a pesquisadora solicitou que as alunas elaborassem uma explicação sobre o que havia acontecido com a folha. Ao refletirem sobre a atividade, elas retomaram a discussão sobre a existência de dois meios distintos no experimento (a primeira afirmativa apresentada para elas)

*Júlia - eu quero mudar uma resposta...eu acho que tem dois sistemas. O primeiro era folha e ambiente o outro é a folha de alface com água e sal. Porque o primeiro sistema estava em equilíbrio e o outro não.*

Ao ser solicitada para elaborar uma nova explicação, ela percebeu que havia avaliado incorretamente uma das afirmativas apresentada no início da atividade. Parece-nos que Júlia fez uma reflexão sobre a ação. Ao tentar reelaborar sua explicação sobre o que aconteceu com a alface ela se deu conta que era importante considerar a existência de dois sistemas e quis mudar sua resposta. Ao final da atividade as alunas explicaram o murchamento da alface novamente:

*Júlia – A folha de alface murcha, este processo acontece porque o sal do tempero desequilibra o meio externo, assim a folha procura equilibrá-lo por osmose, liberando água.*

*Clarisse – A folha estava numa situação de equilíbrio entre seus componentes, nesse caso, entre água e sal. Quando pingamos uma solução de água e sal, o equilíbrio foi desfeito, pois a folha passou a entrar em contato com um meio mais concentrado. Para restabelecer a `ordem`, a folha perde água por um processo chamado osmose – ao perder água, a folha estará diluindo o meio concentrado no qual se encontra.*

Considerando a atividade desenvolvida como uma situação problemática, podemos nos perguntar: como as alunas usam o que já sabem para solucionar a situação problemática colocada pela pesquisadora? As alunas parecem possuir um repertório de exemplos, imagens, compreensões e ações conforme proposto por Schön (2000, p.62) quando discute o caso de Petra e Quist sobre a produção de um projeto arquitetônico. Associando a idéia de repertório proposta por Schön, podemos considerar que as experiências do dia a dia como guardar uma salada temperada, tirar o sal do bacalhau, lembrar de uma aula assistida ou de um site visitado fazem parte do repertório dessas

alunas e parecem estar acessíveis para o entendimento da situação. A situação problemática colocada pela pesquisadora, embora familiar em sua natureza, não o era em termos de explicação. Ao estabelecerem uma ponte entre esta situação com outras conhecidas e compreendidas as alunas, em especial a Clarisse, passou a ter uma nova compreensão do problema proposto e muda de microteoria-em-uso.

A tarefa proposta propicia também uma conversação reflexiva com a situação. Clarisse e Júlia, em momentos diferentes, mostraram-se aflitas com o fato de terem percebido que uma das respostas que haviam dado não era coerente com o novo entendimento que estavam tendo da tarefa. Ao longo da atividade, pistas fornecidas pela pesquisadora passaram a fazer parte de seu repertório pois propiciaram a evocação de experiências que ainda não estavam acessíveis. Este novo repertório permitiu uma nova compreensão da tarefa o que pode ter levado a mudança de micro-teoria-em-uso.

Podemos entender a tarefa desenvolvida como sendo subdividida em atividades que demandam esforços de diferentes naturezas por parte dos estudantes. Observar, descrever, fazer previsões, avaliar e elaborar explicações dependem de habilidades e por isso, podem estar relacionadas a processos mentais distintos.

Para cada uma destas atividades podemos identificar particulares selecionados pelos estudantes, processos de reflexão-na-ação, microteorias-em-uso, reflexão-sobre-a-ação e mudança de microteoria-em-uso, como mostramos nos QUADROS 3 e 4 para o caso da dupla Júlia e Clarisse.

**QUADRO 3 - Processos envolvidos na atividade da Júlia**

<b>Tarefa</b>	<b>Seleção de particulares</b>	<b>Reflexão na ação</b>	<b>Microteoria-em-uso</b>	<b>Compreensão da tarefa</b>	<b>Reflexão sobre a ação</b>
Descrição da folha	Cor, presença de ondulações, firmeza		Murchamento da folha – perda de água		
Previsão	Ela já está ficando toda mole	eles usam sal para desidratar carne Ela fica diferente (se referindo a folha de uma salada de alface)	Desidratação da folha – Propriedades do sal (em absorver água do meio)	o sal do lado de fora vai tirar um pouco da água que ta dentro	
Descrição após temperar	Perda de rigidez				
Explicação 1	Rigidez	Eu já tinha pensado nisso, uma vez na minha casa! ..Porque ela ficava desse jeito.	Perdeu água	A folha murchou porque perdeu água	
Avaliação das afirmativas	Perda de resistência Diminuição do volume celular Concentração Osmose	Estou lembrando da minha aula!	Difusão		Eu quero mudar uma resposta..aquela dos sistemas
Explicação final			Propriedades do sal Equilíbrio entre dois meios	A folha murcha por osmose	

**QUADRO 4 - Processos envolvidos na atividade da Clarisse**

<b>Tarefa</b>	<b>Seleção de particulares</b>	<b>Reflexão na ação</b>	<b>Microteoria-em-uso</b>	<b>Compreensão da tarefa</b>	<b>Reflexão sobre a ação</b>
Descrição da folha	Vasos condutores, cor da folha, brilho, aparência de nova, firmeza				
Previsão	Sem mudanças	Eu não sei...eu acho que não...a folha não absorve...é a raiz	Absorção de água só pela raiz A folha perde água porque foi tirada da planta e não em decorrência do tempo	As vezes é porque a gente molhou que ela está mais...transparente	
Descrição após temperar	As ondulações estão mais pronunciadas Está mais transparente, mais escura Está mais molenga...	A folha está mais mole mas não murchou Uma coisa seca está sem água, mas ela não fica assim mais transparente. No outono as folhas ficam secas e ficam marrons porque perderam água...	Acho que não foi o fato dela ter perdido água, pelo contrário, ela absorveu água, ela está mais mole...		
Explicação 1	A folha se modificou após o contato com água e sal		Ou perdeu água (mais improvável porque ela ficou mais mole) Ou absorveu água (mais possível)		
Avaliação das afirmativas	A existência de um ou dois meios (sistemas) diferentes	Parece que não faz sentido...você tinha antes a alface...você pingou água e sal...o sistema deixou de ser alface para ser alface com água e sal	Existência de um só sistema (em dúvida)	A folha perdeu água e murchou	Pode mudar a resposta?...parece que o trem está murcho! É porque o volume diminuiu, né! Senão teria inchado.Eu quero mudar esta daqui!!



	Perda da resistência Diminuição do volume celular	Ai Jesus....	A folha perdeu água		Quero mudar...você pingou um meio mais concentrado.... que estava em contato com as células da folha – se bem que essa folha já foi arrancada né!
	Concentração		Osmose		
	A folha murchou, ficou mole	Como é o nome disso? Alguma coisa osmose...			
		A folha tem um certo teor de água e de sal, pelo menos o corpo humano é assim....você pingou alguma coisa que desequilibrou	Reação da folha: perda de água para diluir o meio mais concentrado		
Explicação final	Aula de biologia	Equilíbrio entre sistemas	Equilíbrio de sistemas Folha em situação de equilíbrio entre seus componentes.		
		Tudo tende ao equilíbrio	Quando pingou água e sal o equilíbrio foi desfeito...para tentar estabelecer a ordem		

Comparando os processos envolvidos na tarefa desenvolvida pela Júlia e pela Clarisse identificamos que o foco de Júlia, desde o início da atividade, era a firmeza da folha. Júlia tinha a mesma microteoria-em-uso desde o início da tarefa - a folha vai perder água. Embora Júlia não tenha se lembrado da palavra osmose, é possível dizer que durante toda a atividade ela estava lidando com esta teoria.

Por sua vez, parece-nos que o foco de Clarisse era mais difuso. Ela se referia à firmeza da folha mas em sua descrição, outras características da folha parecem ter sido mais relevantes. Clarisse também não associou de imediato o murchamento com perda de água. A princípio ela associou murchamento com entrada de água na folha. É no decorrer da atividade, principalmente durante a avaliação das afirmativas que ela começou a perceber que errou. Sua aflição em querer mudar a resposta evidenciou sua reação ao erro – que no caso da Clarisse pode até mesmo ser considerado uma situação inesperada. Para Clarisse o processo de reflexão-sobre-a-ação desempenhou um papel fundamental para a mudança de teoria pelo qual ela passou.

A atividade de avaliação das afirmativas relacionadas ao processo de osmose também foi bastante significativa para outras duplas. Em diferentes momentos da atividade as alunas entrevistadas associaram o murchamento da alface com alguma vivência do cotidiano.

### **A dupla Nair e Mafalda**

Uma das dificuldades da dupla, em especial da aluna Nair foi a de distinguir entre ressecar e murchar.

*Nair : O sal vai absorver a água que tem na folha e ela vai ressecar e ficar mais maleável.... Ela vai ressecar porque ela vai ficar tipo...ela não vai ficar durinha assim, ela vai ficar mole...ela vai ressecar porque ela vai perder o líquido dela...*

*Pesquisadora - Vamos ver se a folha sofreu alguma alteração?*

*Mafalda - Mas é pouco tempo!...Não, ela já começou a ficar mais molinha (aluna pega na folha)*

Ao serem questionadas sobre o que estaria acontecendo com a folha Mafalda, em dúvida, sugeriu que

*o sal teve que....não sei o que acontece. Acho que é mais o tempero, o vinagre é ácido, acho que ele tira alguma propriedade da planta, alguma coisa que tem nela, dentro dela...o sal pode ter o mesmo efeito...o sal...absorve água*

As alunas apresentaram muita dificuldade em elaborar uma explicação. Não sabiam explicar porque a folha murchou. A pesquisadora, então, iniciou a atividade de leitura das afirmativas. A dica da afirmativa relacionada ao volume da célula parece ter feito sentido para a Mafalda que, em tom de surpresa argumentou

*Pera aí, se ela murchou ela diminuiu de tamanho*

Após a leitura de todas as afirmativas a pesquisadora solicitou a elaboração de uma explicação o seguinte diálogo se estabeleceu

*Mafalda: Esse negócio da concentração eu não tinha pensado nisso*

*Pesquisadora - Você não tinha pensado? Você acha que a concentração explica?*

*Mafalda - Eu acho*

*Pesquisadora - E você Nair?*

*Nair - Acho....se você jogou água com sal fora (se referindo ao lado de fora) ... a concentração fora vai ser maior do que dentro...mas se a folha fica liberando a água dela...*

*Pesquisadora - A folha vai liberando água eternamente?*

*Mafalda - Não, não, até chegar no equilíbrio*

*Pesquisadora - Então de onde vem esta água?*

*Alunas: Da alface*

*Pesquisadora - Vai saindo água, água...*

*Nair - Maior concentração fora...vai igualando*

*Pesquisadora - Então vocês dão conta de escrever uma explicação? Como você explicaria o fato da alface ter murchado?*

*Mafalda - Na minha opinião, a alface perdeu água na tentativa de igualar as diferentes concentrações do sistema, até alcançar um estado de equilíbrio.*

*Nair - O sistema tende a entrar em equilíbrio. A folha tende a igualar a concentração de água dentro e fora dela*

O interessante é que ao perguntar se as afirmativas ajudaram a lembrar de alguma coisa que elas aprenderam na escola elas disseram que não. Entretanto, ao longo da entrevista elas deram várias pistas de que as dicas foram importantes, em especial a dica sobre a diferença de concentração.

*...ela murcha porque foi tirada do meio dela.....ela não tem como tirar os minerais.....é diferente da água com sal, porque ela murcha mais rápido...eu não sei explicar porque....quando você fala da concentração parece que faz sentido.....tem uma lógica....*

No início da atividade as alunas não conseguiam distinguir entre murchar e ressecar. Para elas o fato da folha estar fora do 'pé de alface' iria desencadear um processo de ressecamento da folha. Ao serem solicitadas sobre o que seria ressecar elas associam com perder água. Além disso, Nair e Mafalda não conseguiam explicar o porquê do murchamento da folha de alface. Ao longo da atividade de leitura das dicas elas parecem começar a associar o murchamento com a diferença de concentração somente

após a dica ter sido dada. Para estas duas alunas, em especial a Mafalda, a dica da concentração parece ter sido fundamental. Ela começou a relacionar a concentração dentro e fora da folha, embora ainda com muita insegurança sobre a importância do processo com o murchamento da folha de alface. Nair também tentou fazer esta relação, mas com mais dificuldade.

A entrevista com Nair e Mafalda nos permitiu identificar um outro aspecto da atividade. Parece-nos que o conhecimento de osmose não estava claro para estas alunas. Elas não conseguem oferecer qualquer explicação para o fato da folha murchar. A linguagem usada por elas também era muito pobre. Elas apresentavam dificuldades em expor suas idéias, não achavam as palavras adequadas para explicar o que estavam pensando. Ao final da atividade elas conseguiram elaborar uma explicação que, embora não fosse rica em detalhes, já estabelecia uma associação entre o murchamento e a perda de água pela folha. Não vimos aqui uma mudança de microteoria-em-uso. As alunas não explicitaram suas teorias-em-uso. Consideramos que para estas alunas, mais do que propiciar uma mudança de teoria-em-uso, a atividade contribuiu para que elas compreendessem melhor o processo de osmose.

### **A dupla Carolina e Letícia**

Após a leitura do texto pela pesquisadora as alunas descreveram a folha. A firmeza da folha fresca parece ter sido um aspecto relevante para elas.

*Carolina - as folhas, por terem sido recém-tiradas do pé, estão verdes e firmes...apresentam uma vitalidade e um brilho próprio...*

*Letícia - A folha de alface....não é muito rígida e aparenta estar bem fresca...*

*Pesquisadora – O que significa apresentar uma vitalidade?*

*Carolina - Ela está firme, ela está resistente, ela não está mole..*

Ao serem questionadas sobre o que aconteceria com a folha se ela fosse temperada as alunas não esperavam que a folha iria murchar depois de um certo tempo. Embora elas esperassem que a folha murchasse, as alunas consideram que não seria possível observar mudanças durante o desenvolvimento da atividade porque o intervalo de tempo seria insuficiente.

Letícia considerou que a folha iria murchar mesmo se não fosse temperada. Para ela, o sal “vai acelerar o processo”...Ao explicar o murchamento da folha Letícia propôs que “a folha irá murchar...irá absorver a água, irá ficar bem mole, sem nenhuma rigidez”.

*Carolina- após colocar água e sal espero que a folha perca um pouco da coloração verde, murche e não apresente mais a vitalidade anterior.*

*Pesquisadora - Eu queria que vocês observassem a folha, vejam se tem alguma alteração*

A pesquisadora solicitou que as alunas observassem a folha. À princípio elas não perceberam nenhuma alteração na firmeza da folha. Para elas o tempo seria insuficiente para que a folha murchasse. As alunas pareciam não querer perceber o murchamento da folha. O fato de a folha ter perdido a rigidez foi um dado inesperado e elas reagiram negando-o, não reconhecendo as mudanças que haviam ocorrido na folha. Letícia continuou com sua teoria de absorção de água pela folha. Carolina, por sua vez, colocou em xeque a teoria de Letícia. Para Carolina a folha perderia água. Letícia parecia confusa, ora ela dava-nos a impressão de que concordava com Carolina, ora ela se mostrava não muito confiante na idéia de perda de água. Vejamos o diálogo.

*Carolina - ela está meio molhada*

*Pesquisadora - Só isso.....Você acha que não tem nenhuma característica que seja diferente do começo de nossa atividade*

*Carolina – (Depois de certo tempo).....acho que não*

*Letícia - Ela só absorveu um pouquinho da água*

*Pesquisadora - Vocês acham que ela absorveu água?*

*Letícia - Absorveu, mas para adquirir todas essas características que a gente colocou vai demorar um pouco né.*

*Carolina - Eu acho que ela não absorve água, eu acho que ela perde água, por isso que ela murcha.....é por osmose também...*

*Letícia - Na verdade ela vai perder água*

*Pesquisadora - Se ela absorve água, ela murcha?*

*Carolina - Eu não acho que ela absorve*

*Letícia – Então ela não vai absorver água*

*Pesquisadora - Absorve ou não?*

*Acho que não, as duas concordam*

*Pesquisadora - Você acha que ela está igualzinha?*

*Carolina - ela está mais molinha*

*Pesquisadora - E este mais molinha..o que significa?*

*Carolina - Ela está perdendo um pouco da rigidez dela*

*Pesquisadora - E esta perda de rigidez, você acha que está relacionada ao que?*

*Carolina - Perda de água?*

*Letícia – É, perda de água....primeiro foi o tempo que ela foi retirada do pé e esse negócio de ter colocado sal*

*Pesquisadora - Então se eu tivesse deixado uma folha fora do pé ela estaria igual?*

*Alunas – Não...esta aqui que a gente não colocou está diferente*

*Letícia - Está mais rígida...*

*A pesquisadora solicita que as alunas expliquem o que aconteceu com a folha*

*Carolina - Ao jogar água com sal na folha esta murchou porque perdeu água, por osmose, para o ambiente, ficando com um aspecto úmido e mais maleável, menos rígida*

*Letícia - Um dos fatores que pode ter contribuído para este processo é o acréscimo da água com sal, Pois este acréscimo fez com que a folha aparentasse ter perdido sua rigidez, e com que ela murchasse.*

*Pesquisadora - Carolina, porque você pensou em osmose?*

*Carolina - por causa do sal...porque ..olha só...eu pensei na corrente sanguínea, lá na veia...quando ela perde água quando a concentração de sal é diferente, quando ela quer igualar...como tem mais sal no ambiente ela vai perder água, para tentar igualar.*

Nesta primeira parte da atividade podemos perceber que as alunas estavam em níveis de compreensão muito diferentes. Carolina já associava o murchamento da folha ao processo de osmose. Ela fez uma analogia com o transporte de sais feito pela corrente sanguínea e deduziu que a folha perderia água para o ambiente em função da diferença de concentração. Por outro lado, Letícia ainda não estava segura. Sua explicação sobre o murchamento da folha não estabelece uma associação com a perda de água. Letícia ainda não havia evocado o conhecimento de osmose.

Após a elaboração da explicação sobre o que teria acontecido com a folha de alface, a pesquisadora iniciou a leitura das afirmativas com as dicas. A dica da alteração do volume celular foi especialmente relevante para Carolina: “*se eu falei que ela perdeu água, é porque ela perdeu água das células, então o volume diminuiu...o alface é feito de células, não é? Então o volume diminuiu*”.



Mas não teve o mesmo efeito para Letícia que considerou que, embora a água faça parte da constituição da célula, não existiria nenhuma relação entre o murchamento da folha da alface com a diminuição do volume celular

Após a leitura e reflexão de todas as afirmativas as alunas elaboraram a explicação final.

*Letícia - A folha murchou, perdeu sua rigidez e liberou água.*

*Carolina - Como a concentração de sal no meio externo era maior, a planta tentou equilibrar e perdeu água por osmose ficando menos rígida e com uma coloração mais fraca.*

*Pesquisadora - Letícia, se você tivesse que elaborar esta mesma explicação em uma situação que você estivesse sendo avaliada, você faria a mesma explicação*

*Letícia - Não*

*Pesquisadora - Como você faria?*

*Letícia - Eu ia explicar o processo de osmose... que as concentrações tem que ser diferentes....*

*Pesquisadora - Então porque você optou por esta explicação?*

*Sem resposta.*

Ao analisarmos as entrevistas realizadas pudemos identificar que algumas dicas parecem ter sido mais relevantes do que outras. Em especial a dica sobre a alteração no volume celular parece ter sido muito significativa tanto para Carolina e para Mafalda,

*... Pera aí, se ela murchou ela diminuiu de tamanho (Mafalda)*

*...se eu falei que ela perdeu água, é porque ela perdeu água das células, então o volume diminui...o alface é feito de células, não é? Então o volume diminuiu...(Carolina)*

A afirmativa sobre a diferença de concentração também foi significativa para algumas alunas. Nair e Mafalda, por exemplo, não conseguiam, no início da atividade explicar

porque a folha havia murchado após ter sido temperada. Para elas o fato da folha estar fora do ‘ pé de alface ’ teria desencadeado um processo de ressecamento da folha. Ao serem solicitadas sobre o que seria ressecar elas associaram com perder água. Ao longo da atividade de leitura das dicas elas parecem ter começado a associar o murchamento com a diferença de concentração somente após a dica ter sido dada. Mafalda começou a relacionar a concentração dentro e fora da folha,

*Mafalda- Esse negócio da concentração eu não tinha pensado nisso*

A explicação final elaborada por elas incorporou somente a dica da diferença de concentração:

*Mafalda– Na minha opinião, a alface perdeu água na tentativa de igualar as diferentes concentrações do sistema, até alcançar um estado de equilíbrio.*

*Nair - O sistema tende a entrar em equilíbrio. A folha tende a igualar a concentração de água dentro e fora dela.*

Estes resultados fornecem evidências que sustentam nossa idéia de que a resolução de uma tarefa depende de fatores relacionados à própria tarefa – atividades de observação, reflexão e elaboração de explicações. Mas, depende também de como o estudante concebe a tarefa. Quando o estudante tem uma participação mais aberta, sensível à resultados inesperados, a atividade de avaliação das afirmativas parecem ter um papel significativo na qualidade da resposta tanto em relação à compatibilidade das teorias-em-uso com o processo de osmose quanto em relação à orientação epistemológica da explicação. Este foi o caso das duplas Clarisse e Júlia e também Nair e Mafalda. Por outro lado, alguns estudantes parecem apresentar maior resistência para aceitar o dado inesperado. Neste caso, a qualidade da explicação não muda significativamente. A explicação final da Letícia é um exemplo. Desde o começo da atividade a dupla Letícia-

Carolina não esperava alterações na folha durante o intervalo de tempo que a atividade iria acontecer. Parece-nos que este fato pode ter sido muito relevante para a resistência da dupla em aceitar que a folha de alface estava mais maleável. Letícia trabalhava com a hipótese de que a folha iria absorver água. Ao longo da atividade ela nos deu pistas de teria concordado com Carolina em relação à perda de água pela folha. Porém, sua explicação final não incorpora as informações das pistas relacionadas à diferença de concentração entre os dois meios.

Considerando as idéias de Chinn e Brewer (1998 e 2001), Argyris e Schön (1974) e Schön (2000) sobre reações a situações inesperadas e ainda, as idéias de Polanyi (1966) sobre conhecimento tácito e as de Clancey (1997) sobre cognição situada, podemos sustentar que a realização de uma tarefa depende de diferentes processos que envolvem um prestar atenção mais refinado, focalizando em particulares que podem fazer perceber *as diferenças que fazem a diferença* na compreensão de um fenômeno.

Ao ser colocado diante de uma situação problemática, o estudante interage com ela. A resolução da tarefa depende da integração de seu sistema cognitivo com o ambiente. A percepção de determinados particulares da situação podem mobilizar teorias, desencadear processos de reflexão e culminar na elaboração de explicações.

Estamos entendendo que a produção de explicações é uma atividade de representação (MOREIRA 2003). Neste sentido, ao produzir explicações o estudante não está só trazendo para fora o que está dentro, ao elaborar explicações o estudante está mudando o que está dentro. Durante toda a tarefa o estudante é colocado em situação de observação e reflexão. As explicações que são elaboradas por eles refletem esses processos. Ao elaborar uma explicação o estudante não está só evocando seus

conhecimentos sobre osmose. Ele está evocando um conhecimento que foi avaliado por ele mesmo, que foi colocado em cheque durante a atividade. Um conhecimento que já não é mais igual ao que era no início da atividade, ele foi mudado durante a tarefa. É por isso que o estudante não está só trazendo para fora o que está dentro.

As respostas dos estudantes também nos deram indícios de que algumas vezes eles se encontravam diante de uma situação que não haviam previsto, uma situação inesperada: a alface murchou, o tempo foi suficiente, sua teoria-em-uso era inadequada. Diante dessas situações percebemos que alguns estudantes reagem ao dado inesperado. Nestas situações, percebemos que os estudantes podem mudar sua teoria-em-uso.

Ao apresentarmos evidências de que enquanto um estudante realiza a atividade proposta ele elabora explicações distintas decorrentes de diferentes microteorias, estamos sugerindo que a elaboração das explicações escritas pelos estudantes é resultado da mobilização sucessiva de diferentes microteorias, em um curto intervalo de tempo. Assim, não estamos falando de mudança conceitual, quer no sentido do modelo padrão (diSESSA, 1998; CAREY, 1985; POSNER *et al.*, 1982) ou na versão de progressão suave (VOSNIADOU & IOANNIDES, 1998). A atividade que investigamos durou apenas 120 minutos. Esse é o principal argumento para não acreditarmos que tenha ocorrido uma mudança conceitual. Além disto, não investigamos a possível persistência e estabilidade dessas microteorias mobilizadas durante a atividade para além da duração da própria atividade. Assim, estamos considerando mais adequado dizer que o estudante muda sua microteoria-em-uso durante a atividade.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSÕES

A presente pesquisa trouxe contribuições significativas para a compreensão de alguns processos envolvidos na elaboração de explicações que envolviam a evocação de um conhecimento escolar pelos estudantes de ensino médio.

Investigamos como os estudantes usam o conhecimento de osmose, que consideramos principalmente escolar, para explicar porque uma folha de alface murcha quando é temperada.

A partir das discussões dos campos da metacognição e das teorias de ação interpretamos as explicações dos estudantes tomando como base sua orientação epistemológica e consideramos que estas explicações eram resultado da pergunta que o estudante tende a responder e de suas teorias-em-uso. Identificamos que tanto a proficiência quanto as habilidades metacognitivas desempenham um papel importante na qualidade das explicações elaboradas pelos estudantes.

Em relação à orientação epistemológica das explicações elaboradas pelos estudantes, discutimos a importância da orientação epistemológica da pergunta - o tipo de pergunta que formulamos pode induzir a elaboração de respostas mais descritivas ou mais detalhadas, independentemente do grau de conhecimento do estudante. Vimos que alguns estudantes, mesmo com alta proficiência em osmose, elaboraram respostas descritivas quando solicitamos que ele fizesse uma previsão.

Apresentamos também evidências de que o engajamento do estudante com a tarefa possibilita a evocação de conhecimentos relacionados à tarefa e, conseqüentemente, esses conhecimentos poderão fazer parte das explicações formuladas pelos estudantes.

Um outro aspecto importante na evocação de conhecimentos pelos estudantes está relacionado ao reconhecimento de pistas. Estas pistas podem ser inerentes à própria atividade ou podem ser especialmente escolhidas pelo professor para ajudar o estudante a elaborar suas explicações.

Vimos nos resultados da pesquisa que algumas pistas que fornecemos aos estudantes foram fundamentais para a compreensão da tarefa que estava sendo proposta. O caso da dupla de estudantes Júlia e Clarisse quando perceberam que a folha não poderia murchar ganhando água é um bom exemplo da importância das pistas.

Identificamos as teorias-em-uso que os estudantes lançam mão para explicar o murchamento da alface temperada. Obtivemos também evidências de que os processos reflexivos do tipo reflexão-na-ação e reflexão-sobre-a-ação podem desencadear uma mudança de teoria-em-uso. Nesse sentido, reconhecemos a importância da situação inesperada como gatilho que propicia a mudança.

## Implicações pedagógicas

Os resultados dessa pesquisa trouxeram algumas contribuições importantes para o ensino de ciências e, particularmente o ensino de biologia.

Queremos destacar o reconhecimento de que devemos ser parcimoniosos com o esforço do estudante ao tentar elaborar explicações. Ao tentar explicar um fenômeno o

estudante mobiliza um esforço legítimo que deve ser reconhecido pelo professor. Vimos em nossa pesquisa que quando considerávamos as explicações teleológicas como incorretas, nossos critérios de validação não eram consensuais nem mesmo entre nossos pares, haja vista a grande quantidade de textos com fundo teleológicos escritos por biólogos e pesquisadores de renome. Por que então deveríamos considerar incorretas as respostas dos estudantes?

Apresentamos ainda uma metodologia de avaliação do conhecimento dos estudantes que rompe com as formas tradicionais de avaliação. Ao invés de avaliarmos o que o estudante lembrava sobre o processo de osmose, avaliamos as dicas que ele reconhecia no teste.

O teste que aplicamos se mostrou como um exercício metacognitivo de grande valor tanto para os estudantes quanto para os educadores. De um lado, é importante que os estudantes conheçam o “quanto sabem” ou não sabem sobre um determinado assunto. O desenvolvimento desse controle metacognitivo pode contribuir para um bom desempenho em uma atividade qualquer. Por outro lado, os educadores poderão conhecer o que seus alunos conhecem sobre seu próprio conhecimento. Esta informação pode contribuir para o planejamento de estudos e preparo de materiais pedagógicos de forma a propiciar um ambiente de aprendizagem produtivo.

Além disso, acreditamos que durante a atividade muitos estudantes aprenderam osmose. O modelo de atividade que elaboramos e aplicamos durante a coleta de dados nos pareceu um excelente instrumento pedagógico. A simulação de uma situação do cotidiano permitiu aos estudantes olhar para uma situação do cotidiano com outros olhos. Possivelmente em suas atividades do cotidiano o estudante não tenha a

oportunidade de aplicar seus conhecimentos científico-escolares para explicarem uma determinada situação. É provável que o contexto domiciliar nem sempre permita essa aplicação.

Ao simularmos a situação em um ambiente escolar ampliamos o poder explicativo dos estudantes. A osmose não ocorre só nas aulas de biologia ou química. A osmose passa a ocorrer também em situações do convívio pessoal e familiar.

Acreditamos que outras situações de aprendizagem como esta poderão ser produzidas com outros conteúdos escolares. Um dos objetivos de nossa pesquisa era também estudar como os estudantes usam conhecimentos escolares para interpretar notícias da mídia escrita e falada. Não foi possível fazermos este estudo no presente trabalho mas, não perdemos de vista esta perspectiva. Um dos desdobramentos dessa pesquisa será o estudo desse tema. Pretendemos ainda aperfeiçoar nossa ferramenta de coleta de dados de modo a obtermos mais detalhes sobre o papel das dicas para a elaboração das explicações. Pretendemos, ainda, elaborar materiais que possibilitem o desenvolvimento de habilidades metacognitivas já que essas habilidades podem estar envolvidas com o desenvolvimento de operações inteligentes que possibilitam *saber fazer*.

Uma das questões que colocamos no início desta pesquisa foi a preocupação com as questões sobre o quê e para quê ensinar ciências? Para quê ensinar biologia? A resposta que obtivemos nessa pesquisa é que além de todos os argumentos citados por Millar, podemos dizer que o ensino das disciplinas científicas é importante porque capacita o estudante a entender melhor alguns dos problemas da vida cotidiana. Mais ainda, as disciplinas científicas contribuem para a formação dos estudantes porque se constituem em oportunidades para o contato do estudante com diversas teorias explicativas, porque



possibilita ver e explicar o mundo de outra maneira. O ensino de ciências é importante porque amplia o universo de teorias, teorias essas que poderão se constituir em teorias-em-uso para os estudantes dos diferentes níveis de ensino.

Finalmente, quero retomar a idéia de que a produção de explicações pelos estudantes é mais do que colocar para fora o que está dentro. È mudar o que está dentro. Foi isso que vimos durante a apresentação dessa pesquisa. Minha esperança é que todos os que acabaram de ler este trabalho também tenham mudado, pelo menos um pouco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGYRIS, C. e SCHÖN, D.A. *Theory in Practice – Increasing professional effectiveness*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1974. 219p.

AULER, D e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Atibaia, 2001.

AYALA, F.J. Teleología y adaptación en la evolución biológica. In: MARTINEZ, S. ; BARAHONA, A. (eds.). *Historia y explicación en biología*. 1ª ed. México: Fondo de cultura Econômica, 1998, capítulo XXV, p 495-510.

BARAHONA, A Y MARTINEZ, S. Teleologia y biologia. In: MARTINEZ, S.; BARAHONA, A. (eds). *Historia y explicación en biología*. 1ª ed. México: Fondo de cultura Econômica, 1998, capítulo XXI, p 419-430.

BATESON, G. *Steps to an ecology of mind*. New York: Ballantine Books. 1972

BORGES, O.N.; BORGES, A.T.; SILVA, M.V.D. e GOMES, A.D.T. Situações inesperadas no laboratório escolar. IN: *III Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências*, 2001, Atibaia.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: Ministério da Educação, 1999, 364p.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CEB no 15/98. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

BYBEE, R. *Achieving Scientific Literacy – from purpose to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.

CAJAS, F. (1998). Using out-of school experience in science lessons: an impossible task? *International Journal of Science Education*, 20 (5): 623-625.

CAJAS, F. Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, v. 21, n.7, p. 765-773, 1999.

- CAREY, S. *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press. 1985.
- CARY, M. & REDER, L.M. Metacognition in Strategy Selection: Giving Consciousness Too Much Credit. In M. Izaute, P. Chambres, & P.J. Marescaux (Eds.), *Metacognition: Process, Function, and Use*. New York, NY: Kluwer, 2002, p 63-78.
- CHINN, C. e BREWER, W.F. An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of research in science teaching*, v. 35, n. 6, p. 623-654, 1998.
- CHINN, C. e BREWER, W.F. Models of data: a theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction*, v.19, n.3, p, 323-393, 2001.
- CHINN, C. e BREWER, W.F. The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of educational research*, v. 63, n. 1. p. 1-49, 1993.
- CHRISTIANSON, R.G. Comparison of students learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, v.21, n.6, p. 687-698, 1999
- CLANCEY, W. J. Conceptual coordination: abstraction without description. *International Journal of Educational Research*, v.27, n.1, p.5-19, 1996.
- CLANCEY, W. J. *Situated Cognition; On human knowledge and computer representation*. New York: Cambridge University Press, 1997. 406 p.
- CLARKSON, C.B.: FAN, Y and JOE, H. A remark on algorithm FEXACT: an algorithm for performing Fisher's exact test in  $r \times c$  contingency tables. IN: *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, New York: ACM Press, 1993, v.19, n.4, p. 484-488.
- DiSESSA, A. What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, v.20, n.10, p. 1155-1191, 1998.
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P. and WOOD-ROBINSON, V. *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*. London: Routledge. 1994.

ERICSSON, K. Anders; SIMON, Herbert A. *Protocol Analysis*. Verbal reports as data. Cambridge, MA: The MIT Press, 1993. (rev. ed.)

FRIEDLER, Y. AMIR, R. and TAMIR, P. High school students' difficulties in understanding. *International Journal of Science Education*, v. 9, n.5, p. 541 – 551, 1987.

FROTA, M.C.R. *O pensar matemático no ensino superior: concepções e estratégias de aprendizagem dos alunos*. Tese de Doutorado em Educação - Faculdade de Educação/UFMG, 2002, 287p.

GILBERT, J.K.; BOULTER, C. and RUTHERFORD, M. Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, v.20, no.20, 83-97, 1998.

GRABER, W. *et al.* Scientific literacy: from theory to practice. IN: BEHRENDT, H and DAHNCKE, H, eds. *Research in Science Education – past, present and future*. London: Kluwer Academic publishers, 2001.

HARWELL, M.R. and GATTI, G.G. Rescaling ordinal data to interval data in educational research. *Review of Educational Research*, v. 71, no.1, p.105-131. 2001.

HURD, P. D. Scientific Literacy: new minds for a changing word. *Science Education*, v. 82, p. 407-416, 1997.

JOHNSTONE, A.H. and MAHMOUD, N.A. Pupil's problems with water potential. *Journal of Biological Education*, v. 14, p. 325-328, 1980.

KORIAT, A. and LEVY-SADOT, R. The combined contributions of the cue familiarity and accessibility heuristics to feeling of knowing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, v.27, p. 34-53, 2001.

KORIAT, A. How do we know that we know? The accessibility model of the feeling of knowing. *Psychological Review*, v. 100, n.4, p. 609-639, 1993.

KUHN, D and LAO, J. Contemplation and conceptual change: integrating perspectives from social and cognitive psychology. *Developmental review*, v.18, p. 125-154, 1998.

- LAUGSCH, R.C. Scientific Literacy: a conceptual overview. *Science Education*, v. 84, p.71-94, 2000.
- LEWIN, K. O conflito entre os modos aristotélico e galiléico de pensamento na psicologia contemporânea. IN: *Teoria Dinâmica da Personalidade* p. 13-49. São Paulo, Cultrix ed., 1935, tradução de Álvaro Cabral.
- LINHARES, S e GEWANDSZNADJDER, F. *Biologia Hoje – os seres vivos*. São Paulo: Ed. Ática, 7ª ed. 2000.
- LOPES, S. *BIO – vol 2*, São Paulo: Ed. Saraiva, 1ª ed. 1997, 492p.
- MARTINS, CMC e BORGES, O. Conhecimento escolar e explicações teleológicas – um desafio para o ensino de biologia. IN: *III Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências*, 2001, Atibaia. Arquivo 044.
- MATURANA, H. *A árvore do conhecimento – as bases biológicas do entendimento humano*. Trad. Jonas Pereira dos Santos, Campinas: WORSHOPSY, 1995.
- MATURANA, H. *A ontologia da realidade*; organizado por Cristina Magro, Miriam Graciano e Nelson Vaz. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 350p.
- MATURANA, H. *Cognição, Ciência e vida cotidiana*; organização e tradução Cristina Magro, Victor Paredes, Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 203p.
- MAYR, E. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Trad. Ivo Martinazzo. Ed. UnB, 1998, 1107p.
- McCOLLAM, K. M. SCHMIDT (1998). Latent trait and latent class models. In G. M. Marcoulides (Ed.) *Modern methods for business research* (pp. 23-46). NJ: Erlbaum.
- MILLAR, R. Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, v. 77, n. 280, p. 7-18, 1996.
- MINER, A. & REDER, L.M. A New Look at Feeling of Knowing: It's Metacognitive Role in Regulating Question Answering. IN: Metcalfe, J. and Shimamura, A. (Eds). *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1994.

MOREIRA, A.F. *Práticas de interpretação em ambientes de aprendizagem de física*. Tese de Doutorado em Educação - Faculdade de Educação/UFMG, 2003. 174p.

[0]NELSON, T and NARENS, L. Why investigate metacognition? IN: Metcalfe, J. & Simamura, A. (eds) *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge, MA: Bradford Books, 1994, p. 1-25.

NELSON, T. Consciousness and Metacognition. *American Psychologist*, v.51, no 2, p.102-116, 1996

NELSON, T. O. Cognition versus Metacognition. In: STENBERG, R.J. (ed.). *The nature of cognition*. Cambridge: MIT Press, 1998. cap.18, 625-641.

ODOM, A.L. Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology student's understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, v.32, n.10, p. 45-61, 1995a.

ODOM, A. L. Secondary & College Biology student's Misconceptions About Diffusion & Osmosis. *The American Biology Teacher*, v.57, n. 7, p. 409-415, 1995b

PANIZZON, D. and PEGG, J. Students' alternative conceptions in osmosis: is a cognitive structure identifiable? Paper presented at the *National Associations for Research in Science Teaching Conference*, New Orleans, LA., April, 2002.

PANIZZON, D. Using a cognitive structural model to provide new insights into students' understandings of diffusion. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 12, 1427-1450, 2003.

POLANYI, M. *Personal Knowledge – Towards a post-critical philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul, 1958. 428p. (2<sup>nd</sup> reimpression with corrections, 1962)

POLANYI, M. *The tacit dimension*. Gloucester, Mass. Peter Smith, 1966.107p. (reimpressão 1983)

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P. and GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66: 211-227, 1982.

- REDER, L.M. & SCHUNN, C.D. Bringing Together the Psychometric and Strategy Worlds: Predicting Adaptivity in a Dynamic Task. IN: GOPHER, D. & KORAIAT, A. (Eds). *Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application. Attention and Performance XVII.*, MIT Press, pp.315-342, 1999.
- SANTOS, M. E.V.M. *Desafios Pedagógicos para o século XXI*. Lisboa: Livros Horizontes. 1999.
- SANTOS, M. E.V.M. *Mudança conceitual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizontes, 1991.
- SANTOS, W e SCHNETZER, R.P. Ciência e educação para a cidadania. IN: Chassot, a. e Oliveira, R.J. *Ciência, ética e cultura na educação*. Ed. Unisinos, 1998.
- SCHÖN, D.A. *Educando o profissional reflexivo – um novo design para o ensino de a aprendizagem*. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: ARTMED, 2000.256p.
- SIERHUIS, M. and W.J.CLANCEY. Knowledge, Practice, activities and people. Presented at the *AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence in Knowledge Management*, 1996.
- SOARES, J.L. *Biologia* - volume único. São Paulo:Ed. Scipione, 9ª ed., 1999, 509p.
- SOLOMON, J. Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5:51-59, 1983.
- VIENNOT, L. Spontaneous learning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, v.1, p. 205-221, 1979.
- VOSNIADOU, S. and IOANNIDES, C. From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, v.20, n.10, p.1213-1230, 1998.
- WANDERSEE. J.H., MINTZES, J.J. and NOVAK, J.D. Research on alternative conceptions in science. In GABEL, D.L. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. pp.177-210, 1994.

WELLINGTON, J. What is science education for? *Canadian journal of Science, Mathematics & Technology Education*, v.1, n.1, 2001.

ZOHAR, A. and S.GINOSSAR. Lifting the taboo regarding teleology and anthropomorphism in biology education – heretical suggestions. *Science Education*, v. 82, p.679-697, 1998.



## **ANEXOS**

## ANEXO 1

Coloque o número sorteado em sua folha de respostas no local identificado pela sigla NIS

Agora, leia o texto:

Folhas de vegetais possuem características peculiares. Possuem, entre outras características, cor, forma e textura próprias de cada planta. Quando destacadas da planta, apresentam, por algum tempo, uma firmeza que lhe dá o aspecto de frescas. As folhas de alface que estão sobre a sua bancada foram recém destacadas do “pé de alface”

1) Tente descrever esta folha da melhor maneira possível, levando em consideração os aspectos levantados no texto.

Agora tempere a alface com sal e aguarde alguns minutos.

2) Você espera que ocorra alguma alteração no aspecto da folha?

3) Neste caso, que alterações você espera que aconteçam?

Virem a folha de respostas e continuem a responder às questões no verso da folha.

Observe a folha que foi temperada.

4) Que aspectos de sua previsão foram confirmados?

5) Que aspectos ou detalhes do resultado diferem de sua previsão?

6) Descreva, o mais completamente possível, a folha após ter sido temperada.

7) Tente explicar o que aconteceu com a folha.

## ANEXO 2

	V ou F	Grau de confiança
1- Existem dois meios distintos no experimento		
2- A folha de alface murcho		
3- A folha de alface perdeu água		
4- A água que molhou o sal, estava dentro das células das folhas de alface		
5- O sal puxa a água como se fosse uma esponja.		
6- A água saiu da folha de alface na tentativa de igualar as concentrações do meio interno com o meio externo.		
7- A água que molhou o sal atravessou a membrana da célula		
8- A água só sai da folha de alface porque a folha esta viva.		
9- Dentro da folha de alface, as moléculas de água estão em movimento.		
10- A água sai das células da alface porque o meio externo está mais concentrado de sais do que o interno		
11- Quando os dois meios alcançarem a mesma concentração, o movimento das moléculas de água é interrompido.		
12- De modo semelhante ao que ocorreu com a alface, quando colocamos açúcar sobre pedaços de abóbora, forma-se uma calda.		
13- A água que forma a calda estava dentro das células da abóbora.		
14- Podemos tirar o sal de alimentos salgados colocando-os em água filtrada.		

8) Em outra folha, explique novamente com o máximo de detalhes possível o que aconteceu com a alface após ter sido temperada.

## ANEXO 2a

	V ou F	Grau de confiança
1. Existem dois meios distintos no experimento.		
2. Após a adição de água e sal, o volume da célula de alface continua o mesmo.		
3. A água que molhou o sal, estava dentro das células das folhas de alface e atravessou a membrana da célula.		
4. A folha de alface perdeu a firmeza porque perdeu água.		
5. Há uma diferença de concentração entre o meio externo e o meio intracelular.		
6. A folha de alface perde água na tentativa de igualar as concentrações dentro e fora da célula.		
7. A água entra e sai das células da alface porque as moléculas de água do sistema estão em movimento.		
8. Quando a concentração do meio interno igualar-se a do meio externo, não irá passar mais água através da membrana celular.		
9. A entrada e saída de água só ocorre porque a célula está viva.		
10. A folha de alface perdeu água por osmose.		
11. A água da folha foi retirada pelo sal.		
12. O sal alterou a concentração do meio externo da folha e a planta tentou equilibrar essa diferença.		
13. A troca de água com o meio ocorre somente em células vegetais.		
14. É possível tirar o sal de alimentos salgados, carne seca, por exemplo, colocando-os em água filtrada.		
15. Frutas cristalizadas duram mais do que ao natural porque os esporos de fungos e bactérias morrem desidratados quando caem sobre elas.		

8) Em outra folha, explique novamente com o máximo de detalhes possível o que aconteceu com a alface após ter sido temperada.

## ANEXO 2b

	V ou F	Confiança
1) Existem dois meios distintos no experimento		
2) Após a adição de água e sal, o volume celular diminuiu.		
3) A água que molhou o sal, estava dentro das células das folhas de alface e atravessou a membrana da célula		
4) A folha de alface perdeu a firmeza porque perdeu água		
5) Há uma diferença de concentração entre o meio externo e o meio intracelular		
6) A folha de alface perde água na tentativa de igualar as concentrações dentro e fora da célula		
7) A água entra e sai das células da alface porque as moléculas de água do sistema estão em movimento		
8) Quando a concentração do meio interno se igualar com a do meio externo, não passa mais água através da membrana.		
9) A entrada e saída de água só ocorrem porque a célula está viva.		
10) A folha de alface perdeu água por osmose.		
11) O sal alterou a concentração do meio externo da folha e a planta tentou equilibrar essa diferença.		
12) Na situação de equilíbrio, o meio intracelular tem a mesma concentração que o meio externo.		
13) Processo semelhante ao que ocorreu na folha de alface ocorre em células animais na mesma situação.		
14) É possível tirar o sal de alimentos salgados, carne seca, por exemplo, colocando-os em água filtrada.		
15) Esporos de fungos e bactérias morrem desidratados quando caem sobre um alimento conservado com sal ou açúcar.		

Questão 8 - Em outra folha, explique novamente com o máximo de detalhes possível o que aconteceu com a alface após ter sido temperada.

### ANEXO 3

	F/V	CONFIA? 1-11
1) A adição do tempero não altera o meio intracelular.		
2) O que ocorreu com a folha de alface só acontece em células vegetais		
3) A água que estava dentro das células das folhas de alface atravessou a membrana celular		
4) A folha de alface encheu de água.		
5) O meio intracelular é separado do meio extracelular pela membrana plasmática.		
6) A folha de alface que foi temperada perdeu água por difusão.		
7) O meio externo tem uma solução salina mais concentrada do que o meio interno		
8) A água do tempero amoleceu a folha de alface		
9) Hemácias enchem de água quando colocadas em uma solução concentrada de água com açúcar		
10) A membrana celular é impermeável à água		
11) Podemos tirar o sal de alimentos salgados como bacalhau e carne de sol, colocando-os em água filtrada		
12) Ocorre difusão de água quando existe uma diferença de concentração entre dois meios que estão separados por uma membrana		
13) Pedacinhos de cebola colocados em água filtrada vão murchar		
14) O sal usado na conservação dos alimentos impede o crescimento de fungos e bactérias.		
15) Quando colocamos açúcar sobre pedaços de abóbora, as células da abóbora perdem água		
16) A entrada ou saída de água da célula depende da diferença de concentração entre os meios intracelular e extracelular		
17) Quando comemos um alimento muito salgado, as células de alguns tecidos perdem água.		
18) Durante a formação da urina, ocorre reabsorção de água, por osmose, nos túbulos condutores renais.		

	F/V	CONFIA? 1-11
19) Após a colocação do tempero, as células da folha de alface perderam água.		
20) A salinização de um terreno pode torná-lo infértil para plantio		
21) Seres vivos perdem água por osmose		
22) O sal do tempero não altera a concentração interna da folha.		
23) Após a adição de sal, o volume das células da alface continua o mesmo.		
24) Seres vivos ganham água por osmose		
25) Vegetais sempre perdem água quando colocados em água com sal		
26) O sal do tempero se difunde para o meio intracelular.		
27) Após alguns minutos, a concentração intracelular é maior do que a concentração extracelular.		
28) Fatias de batata aumentam de volume quando colocadas em salmoura.		
29) Processo semelhante ao que ocorreu na folha de alface ocorre em células animais na mesma situação		
30) Chamamos de osmose à passagem de água de um meio hipotônico para um meio hipertônico.		

Questão 8- Em outra folha, explique novamente com o máximo de detalhes possível o que aconteceu com a alface após ter sido temperada.