

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ALYNE DANTAS MENDES DE PAULA

**VIGOR RELATIVO: UMA NOVA ABORDAGEM PARA CLASSIFICAÇÃO DE  
LOTES DE SEMENTES**

UBERLÂNDIA/MG

2020

ALYNE DANTAS MENDES DE PAULA

**VIGOR RELATIVO: UMA NOVA ABORDAGEM PARA CLASSIFICAÇÃO DE  
LOTES DE SEMENTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutora”.

Orientadora Prof. Dr<sup>a</sup>. Denise Garcia de Santana

UBERLÂNDIA/MG

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P324 2020	<p>Paula, Alyne Dantas Mendes de, 1989- Vigor relativo: uma nova abordagem para classificação de lotes de sementes [recurso eletrônico] / Alyne Dantas Mendes de Paula. - 2020.</p> <p>Orientadora: Denise Garcia de Santana. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.285">http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.285</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Agronomia. I. Santana, Denise Garcia de, 1967-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 004/2020 PPGAGRO				
Data:	Vinte de fevereiro de dois mil e vinte	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	[12:00h]
Matrícula do Discente:	11613AGR002				
Nome do Discente:	Alyne Dantas Mendes de Paula				
Título do Trabalho:	Vigor relativo: uma nova abordagem para classificação de lotes de sementes.				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se na sala 109 do bloco 8C, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: João Paulo Ribeiro de Oliveira - UFU; Daniele Aparecida Alvarenga Arriel - UFU; Mychelle Carvalho - IFTM; Ana Lúcia Pereira Kikuti - IFTM; Denise Garcia de Santana - UFU orientador) da candidata.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra. Denise Garcia de Santana, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

[A]provado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **Denise Garcia de Santana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 20/02/2020, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º,



§ 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniele Aparecida Alvarenga Arriel, Professor(a) do Magistério Superior**, em 20/02/2020, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Lucia Pereira Kikuti, Usuário Externo**, em 20/02/2020, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mychelle Carvalho, Usuário Externo**, em 20/02/2020, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOAO PAULO RIBEIRO DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 20/02/2020, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1812045** e o código CRC **ACA6FD51**.

*Aos meus pais, Osmar e Maria Marta, porque foram eles, por eles e com eles que aprendi a ser o que sou.*  
*Aos vários “mestres”, disfarçados de amigos, pela confiança, paciência, inspiração e sabedoria.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e da sabedoria, e por me proporcionar que tantas pessoas maravilhosas pudessem fazer parte da minha trajetória.

Aos meus pais, Osmar e Maria Marta, que sem dúvida nenhuma são minha fortaleza e muito do que sou hoje e aos meus maravilhosos irmãos Natália, Paulo Victor e Marcelo.

Ao meu namorado Alexandre, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e dando força para não desistir.

A toda minha família, meus tios, minha avó e, principalmente, minhas primas pela presença constante em todas as etapas de minha vida.

À Denise Garcia de Santana pela orientação, pelos incontáveis conselhos, pelo o carinho e a amizade. Mesmo diante das nossas dificuldades do dia a dia, conseguimos estabelecer uma excelente relação orientanda-orientadora ao longo desses anos.

Aos companheiros de Pós-Graduação, em especial, à Gabriella pelos incontáveis dias que passamos no laboratório discutindo meus dados, sem ela com certeza esse “filho” não teria sido gerado.

Aos colegas de trabalho do ICIAG – Campus Monte Carmelo, nos nomes dos Professores Adriana Nakamura, Edson Simão e Vanessa Terra, e, aos meus mais que parceiros de Laboratório, Daiane Ribeiro e Matheus Medeiros, que sempre me apoiaram e deram suporte para a minha qualificação.

Aos membros da banca por aceitarem o convite e contribuírem para a melhoria deste trabalho.

E a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram na realização desta conquista, deixo aqui o meu muito obrigada!

## RESUMO

Os testes de vigor foram desenvolvidos com o objetivo de identificar possíveis diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes fornecendo informações complementares aos dos testes de germinação. A premissa desses testes é testar a resiliência de lotes de sementes a condições desfavoráveis ao desenvolvimento. Os resultados dos testes de vigor normalmente são expressos em quantidades absolutas e mesmo com esse inconveniente, medidas absolutas de vigor perduram na pesquisa e nas empresas. Contudo, lotes com percentuais de germinação marginais, que mantêm, sob condições de estresse, percentuais de germinação máximos, podem não apresentar vigor compatível com os demais lotes que são vigorosos, porém apresentam alto vigor relativo. Diante disso, se faz necessária uma forma de relativização dos testes de vigor para minimizar o descarte de lotes com qualidade marginal ou intermediária, além de permitir a pesquisa retirar parte da subjetividade do vigor na sua forma absoluta. Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa foi propor uma nova uma medida, o vigor relativo (*VR*), para testes de vigor de sementes expressas em porcentagem, sendo este *VR* obtido através da divisão do resultado do teste de vigor pelo resultado do teste de germinação, multiplicado por 100. Para o cálculo do vigor relativo (*VR*) foram obtidos dados de três maneiras: informações adquiridas de um sistema de produção comercial com os percentuais de germinação e vigor provenientes de 4411 lotes de sementes de soja; medidas de vigor citadas em artigos publicados na *Seed Science and Technology*, no período de 1977 a 2002, e dados adquiridos através de simulação no software R. Como o vigor relativo não possui distribuição amostral conhecida, fato que impossibilita a realização de inferências estatísticas, utilizou-se a técnica *bootstrap* para obtenção de intervalos de confiança nos dados da empresa e da revista. O vigor relativo é uma nova abordagem para classificação de lotes de sementes, sendo essa medida capaz de alterar a classificação do vigor, principalmente daqueles lotes de qualidade marginal e intermediária. Em condições de germinação elevada o uso do vigor relativo é facultativo, porém ele possibilita maior eficácia e segurança na interpretação dos resultados dos testes de vigor e na tomada de decisão com relação ao lote de semente. O *VR* mostra se o problema está na germinação ou no vigor, apontando a necessidade de repetição dos testes de germinação ou de vigor.

**Palavras-chave:** Qualidade fisiológica. Análise. Relativização. *Bootstrap*. Simulação de dados.



## ABSTRACT

Vigor tests have been developed to identify possible differences in the physiological potential of seed lots, thereby providing complementary information to germination tests. The premise of these tests is to test the resilience of seed lots to unfavorable conditions for development. The results of vigor tests are usually expressed in absolute quantities and despite this inconvenience, absolute measures of vigor persist in research and in companies. However, lots with marginal germination percentages, which maintain maximum germination percentages under stress conditions, may not have absolute vigor that is compatible with the other lots that are vigorous, but they have high relative vigor. Therefore, it is necessary to relativize vigor tests to minimize the disposal of lots with marginal or intermediate quality, in addition to allowing research to remove part of the subjectivity of vigor in its absolute form. The objective of this research was to propose a new measure, namely, relative vigor (RV), for seed vigor tests expressed as a percentage. This RV is obtained by dividing the result of the vigor test by the result of the germination test, multiplied by 100. For the calculation of relative vigor (RV), data were obtained in three ways: information acquired from a commercial production system with germination and vigor percentages from 4411 soybean seed lots; measures of vigor cited in articles published in *Seed Science and Technology* from 1977 to 2002, and data acquired through simulation in software R. As the relative vigor has no known sample distribution, a fact that makes it impossible to make statistical inferences, we used the bootstrap technique for obtaining confidence intervals in data from company and journal articles. Relative vigor is a new approach to classifying seed lots; this measure is able to change vigor rating, especially those of marginal and intermediate-quality lots. In conditions of high germination, the use of relative vigor is optional, but it allows greater efficiency and safety in the interpretation of results of vigor tests and in decision-making regarding seed lots. RV shows whether the problem lies in germination or vigor, pointing out the need to repeat germination or vigor tests.

**Keywords:** Physiological quality. Analysis. Relativization. *Bootstrap*. Data simulation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Relativização do vigor.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 O vigor relativo em um sistema de produção comercial de sementes.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Medidas de vigor em artigos publicados na Seed Science and Technology.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Simulação de dados .....</b>	<b>17</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Resultados do vigor relativo em um sistema de produção comercial de sementes.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Resultados das medidas de vigor citadas em artigos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Resultados da simulação de dados.....</b>	<b>45</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O vigor de sementes, por ser um atributo de caráter subjetivo, não apresenta definição única na literatura. Nesse contexto, as definições mais aceitas foram elaboradas pela *Association of Official Seed Analysts* - AOSA (1981) e pela *International Seed Testing Association* - ISTA (1983). A primeira define vigor como a soma de propriedades fisiológicas que determinam a atividade e o desempenho de lotes de sementes durante a germinação e a emergência de plântulas. Nessa definição, sementes com bom desempenho são classificadas como vigorosas e, as de baixo desempenho, são classificadas como pouco vigorosas. Já para ISTA, o vigor é definido como um conjunto de propriedades potenciais para uma emergência rápida, uniforme e com plântulas normais, sob ampla faixa de condições ambientais.

Embora sejam conceitos da década de 80, a primeira percepção de diferenças de germinação e desenvolvimento de plântulas dentro de um mesmo lote de sementes foi feita por Nobbe em 1876, quando ele publicou “*Handbook on Seed Testing*”, o primeiro manual de análise de sementes (NOVEMBRE, 2001; STEINER; KRUSE, 2006; STEINER; KRUSE; LEIST, 2009). No entanto, a importância da germinação e do vigor das sementes é mais antigo, surgindo em torno de 10.000 a.C., e remete ao estabelecimento da agricultura, quando da descoberta do potencial de sementes para a multiplicação das plantas (MARCOS-FILHO, 2015).

Frederich Nobbe foi idealizador do primeiro laboratório de análise de sementes do mundo e através de seu livro, publicado em 1876, propiciou a padronização dos métodos laboratoriais para estimar a qualidade fisiológica de sementes. Entretanto, cerca de 74 anos depois dessa publicação, em 1950 no IX Congresso da ISTA foi criado o primeiro Comitê de Vigor da ISTA, momento em que o termo vigor de sementes foi proposto e aceito. Na ocasião foram definidos como testes de germinação aqueles realizados em condições ótimas e em substratos artificiais e testes de vigor, os realizados em solo ou relacionados com emergência em campo. (PEIXOTO et al., 2006; STEINER; KRUSE, 2006; STEINER; KRUSE; LEIST, 2009).

Embora o ano de 1950 seja um marco para os testes de vigor, as pesquisas precederam essa data (entre 1925 e 1943) com o desenvolvimento dos testes de condutividade elétrica (1925), tetrazólio (1940) e frio (1943). O teste de envelhecimento acelerado foi desenvolvido posteriormente, em 1965. Apesar das pesquisas nas décadas de 20 e 40, a inclusão dos testes nas Regras oficiais da ISTA foi mais tardia. O teste de tetrazólio foi incluído em 1966; condutividade elétrica e envelhecimento acelerado em 2001 e teste de frio em 2003

(KRZYŻANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999; PEIXOTO et al., 2006; MARCOS-FILHO, 2015).

Independente do princípio dos testes, o vigor de sementes está alicerçado no desempenho da semente ou da plântula em condições de estresse, estabelecendo uma relação entre qualidade fisiológica e deterioração. Em geral, os fatores que regem o vigor de sementes são inversamente proporcionais aos que regem a deterioração. A deterioração é determinada por uma série de alterações bioquímicas, citológicas, fisiológicas e físicas iniciadas a partir da maturidade fisiológica (CORBINEAU, 2012).

Nesse sentido, o ponto máximo de germinação ocorre quando a semente atinge peso máximo de matéria seca, ou seja, na sua maturidade fisiológica quando apresenta maior vigor e deterioração mínima. A partir desse momento, toda e qualquer transformação degenerativa é irreversível. Ocorre que a colheita não é realizada nesse momento em função da alta umidade e, com isso, dá-se o início da deterioração das sementes (DELOUCHE, 1968; ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972).

Apesar dos processos fisiológicos da deterioração da semente ainda não estarem completamente elucidados, sabe-se que a redução na qualidade fisiológica das sementes está relacionada a alterações bioquímicas, fisiológicas e físicas que comprometem suas atividades metabólicas. Dentre estas alterações, destacam-se as mudanças na atividade respiratória e enzimática, nos processos de síntese de proteínas, nos compostos de reserva, nas membranas celulares e nos cromossomos (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972; MCDONALD JÚNIOR, 1999).

Além disso, fatores externos como a presença de patógenos, estresse hídrico, insetos pragas, temperatura e umidade relativa elevada reduzem a qualidade das sementes e também prejudicam seu desenvolvimento. Existem várias teorias sobre como ocorre a deterioração das sementes, dentre elas evidenciam-se a degradação das membranas celulares e a produção de radicais livres; o acúmulo de substâncias tóxicas, a inativação de enzimas, o aparecimento de ácidos graxos e o esgotamento das reservas alimentares. A causa pode estar relacionada tanto à ocorrência desses eventos isolados quanto à soma deles (POPINIGIS, 1985).

Nesse cenário é sabido que sementes armazenadas em condições ótimas podem permanecer viáveis por centenas, talvez milhares de anos. A perda de potencial com o armazenamento é uma das consequências específicas da deterioração das sementes, assim como a diminuição da taxa de germinação e o aumento da incidência de anormalidades nas plântulas. Lotes de sementes que mantêm sua germinação após a deterioração são considerados lotes de alto vigor, enquanto aqueles que diminuem a habilidade para germinar

são considerados de baixo vigor (DELOUCHE; BASKIN, 1973; HAMPTON; TEKRONY, 1995; WALTERS; ROOS, 1998).

Além dos fatores externos existem também aqueles fatores intrínsecos que conferem à semente maior ou menor vigor e estão ligados à sua composição e diretamente à sua qualidade. A qualidade fisiológica das sementes é a sua capacidade de desempenhar funções vitais caracterizadas pela germinação, vigor e longevidade. Além disso, pode ser definida como um conjunto de características que determina seu valor para a semeadura, sendo que o potencial de desempenho das sementes pode ser identificado quando os atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária são levados em consideração (BEWLEY; BLACK, 1994; MARCOS-FILHO, 2015a).

Sendo assim, o potencial de desempenho deve considerar fatores como a capacidade das sementes de originarem plântulas normais, quanto à velocidade de germinação, a uniformidade de emergência e de crescimento das plântulas em campo, o potencial de armazenamento e a conservação do potencial fisiológico durante o transporte (HAMPTON; TEKRONY, 1995).

A literatura está povoada de testes sobre vigor de sementes e suas metodologias. No entanto, esses testes são julgados, mesmo validados cientificamente, em função de uma suposta correlação com valores de emergência em campo. Uma pequena frase de Nobbe, ainda na década de 90, simboliza a problemática de associar vigor à emergência em campo. Em uma referência à emergência em campo ele cita “*for sowings, however, the best is not too good!*”, que traduzindo seria “para a emergência, no entanto, o melhor não é tão bom!”. Nesse sentido, segundo o autor, tomar as informações do teste de emergência para prever a qualidade do lote seria o ideal, mas o teste não é passível de ser padronizado.

Testes realizados em campo são difíceis de padronização, devido à variação das condições climáticas, por isso deve-se ter cautela quando houver comparação entre lotes de sementes. É recomendada a obtenção do maior número de informações para permitir identificar os melhores lotes, ou seja, aqueles com maiores possibilidades de apresentar bom desempenho no campo (MARCOS-FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987; BARROS, 1988).

Os programas de pesquisa em tecnologia de sementes desenvolvidos por diversas instituições têm no vigor um importante atributo da qualidade fisiológica da semente e se utilizam de testes para avaliá-lo. Entretanto, não basta aos testes apresentarem possibilidade de padronização de metodologia e interpretação de resultados, outras características importantes são necessárias, como reprodutibilidade, viabilidade econômica, simplicidade, rapidez de execução e objetivos (DELOUCHE, 1976; MCDONALD, 1980; ASSOCIAÇÃO

DE ANALISTAS OFICIAIS DE SEMENTES, 1983; TEKRONY, 1983; VIEIRA; CARVALHO; SADER, 1994). Mesmo com as restrições descritas, são considerados eficientes os testes de vigor que permitem separar os lotes em diferentes categorias e que os resultados apresentem correlação com o desempenho em campo, como a emergência de plântulas (MCDONALD, 1980; ROSSETTO; MARCOS-FILHO, 1995; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Sobre testes de vigor, a literatura científica tem amplo registro e não é recente. A revista *Seed Science and Technology* teve seu primeiro volume publicado em 1973 e 4 anos após, em 1977, testes de vigor versavam nos artigos. Entre 1977 e 2002, em 30 volumes publicados da revista, ou seja, 90 artigos, o termo “teste de vigor” apareceu em cerca de 30 artigos, um terço das publicações totais. Isso mostra a importância do tema para a qualidade das sementes. Entre os testes mais citados estão o de envelhecimento acelerado, teste de frio, teste de tetrazólio e teste de emergência em campo.

Os comitês de vigor da ISTA, da AOSA e da Associação Brasileira de Tecnologistas de Sementes (ABRATES) têm em seus documentos oficiais os testes de tetrazólio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e teste de frio. A ISTA e a AOSA ainda incluem como atributo de vigor a taxa de crescimento e classificação da plântula, enquanto a ABRATES inclui a velocidade e a primeira contagem de germinação (BRASIL, 2009).

Todos esses testes de vigor têm como objetivo principal detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes, distinguindo com segurança os lotes de alto e de baixo vigor. Mesmo com todos os estudos em torno desse assunto, alguns problemas são detectados, tais como falta de padronização dos testes, problemas na execução e interpretação dos resultados, descarte de lotes de sementes que não apresentam problemas no vigor, mas sim na sua germinação, entre outros fatores que fazem surgir a necessidade de relativizar o vigor, para que seja levado em consideração a capacidade fisiológica e germinativa que determinado lote apresenta.

Uma das primeiras ideias para interpretação do resultado do teste de vigor baseada na germinação surgiu em meados dos anos 70 quando ainda não existiam muitos protocolos de testes de vigor. Para os autores Abdul-Baki e Anderson (1973), a germinação era levada em consideração para avaliar o vigor de lotes de sementes e para isso, um índice de vigor era calculado através do produto, e não divisão, da germinação pelo comprimento ou massa seca de plântulas. Segundo os autores, a melhor expressão era o produto pela massa seca, pois o comprimento podia ser influenciado pela densidade de semeadura, pela intensidade de luz, entre outros fatores.

Outra ideia da relativização veio com o índice de emergência em campo proposta por Egli e Tekrony (1995; 1996). Este índice de emergência em campo – IEC, em inglês “*Field Emergence Index- FEP*”, foi definido como a razão entre a média do percentual de emergência em campo e a germinação padrão; nesse caso a germinação é fator de relativização (EGLI; TEKRONY, 1995; 1996). Nesses artigos, os autores investigaram a relação entre germinação de sementes de soja, o vigor (testes envelhecimento acelerado e teste frio) e a emergência em campo. Eles verificaram que à medida que o estresse da semente aumentou, o índice de emergência em campo diminuiu e, conseqüentemente, diminuiu a precisão da predição dos testes (EGLI; TEKRONY, 1995; 1996).

Relativizar medidas de germinação é necessário não somente para medidas de vigor. O valor cultural (*VC*) de sementes com problemas na pureza, especialmente das espécies da família Poaceae, é também uma forma de relativização da germinação, não de vigor. Para as forrageiras, a qualidade de um lote de sementes é dada por  $\%VC = (\% \text{ Pureza} \times \% \text{ Germinação}) \div 100$  (BRASIL, 1992; MARTINS; LAGO; GROTH, 1998; DIAS-FILHO, 2012) que mede o percentual de sementes puras capaz de germinar. Esse índice é calculado com base na pureza física (em porcentagem), ponderado pela contaminação de sementes por outras espécies ou resíduos inertes, e pela porcentagem de germinação.

Os resultados dos testes de vigor normalmente são expressos em quantidades absolutas e, por essa característica, não permitem uma análise mais profunda da qualidade fisiológica, ou seja, não é levada em consideração a capacidade germinativa da semente, independente da condição ambiental ser adversa ou não. Mesmo com este inconveniente, os resultados expressos de forma absoluta perduram na pesquisa e nas empresas. Entretanto, lotes com percentuais de germinação marginais, com valores entre 75% a 90, que mantêm, sob condições de estresse, percentuais de germinação máximos, podem não apresentar vigor compatível com os demais lotes que são vigorosos, porém apresentam alto vigor relativo.

Diante disso, se faz necessária uma forma de relativização dos testes de vigor para minimizar o descarte de lotes com qualidade marginal ou intermediária, além de permitir a pesquisa retirar parte da subjetividade do vigor na sua forma absoluta. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi propor uma nova uma medida, o vigor relativo (*VR*), para testes de vigor de sementes expressos em porcentagem.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 *Relativização do vigor*

O vigor relativo ( $VR$ ) foi obtido pela razão o percentual de plântulas normais resultantes do teste de vigor e o percentual de germinação multiplicado por 100, obtendo-se um valor expresso em porcentagem, conforme a expressão 1.

$$VR = \frac{V}{G} 100 \quad 0 \leq VR \leq 100\% \quad \text{e} \quad G \geq V \quad (1)$$

Onde:  $VR$  e  $V$  são vigor relativo e vigor, respectivamente, e  $G$  é o percentual de germinação padrão, todos expressos em porcentagem.

Para o cálculo do vigor relativo foram considerados todos os testes expressos em porcentagem, sendo estes relativizados pela germinação. Outros testes de vigor como condutividade elétrica, comprimento de hipocótilo e radícula, velocidade de germinação, peso seco e fresco de plântulas, entre outros, os quais não se têm ainda uma proposta de relativização, uma vez que estes não são expressos em porcentagem.

### 2.2 *O vigor relativo em um sistema de produção comercial de sementes*

As informações foram adquiridas de um sistema de produção comercial com os percentuais de germinação e vigor provenientes de 4411 lotes de sementes de soja e que, segundo critérios da empresa, tiveram notas de classificação em aprovado e reprovado. As análises ocorreram no Laboratório de Análise de Sementes, unidades Uberlândia e Patos de Minas e os lotes advindos de 12 Unidades Beneficiadoras de Sementes (UBS). A umidade da semente variou de 8.0% a 14.4% com média de 10.4% e desvio padrão de 0.0086%. O teste de germinação foi conduzido em areia e papel. Os testes de vigor, todos expressos em porcentagem, foram percentuais de plântulas fortes do teste de germinação, envelhecimento acelerado, envelhecimento acelerado com classificação de plântulas e tetrazólio.

A partir dos dados de germinação e vigor obtidos foram calculados os percentuais de vigor relativo utilizando a expressão (1). Como forma de diferenciar os lotes foi proposta uma classificação, tanto para a germinação quanto vigor de forma absoluta e vigor relativo, sendo esta:  $\leq 65\%$  - Baixo;  $> 65\% \geq 75\%$  - Intermediário;  $> 75\% \geq 90\%$  - Marginal;  $> 90\%$  - Alto.



Devido ao fato desses dados terem sido adquiridos de um sistema de produção comercial, a maioria dos lotes se encontrava classificada como de germinação alta. De um total de 4411 lotes, com germinação na faixa de 90 a 100% constavam 3169 lotes, ou seja, quase 72% de todos os lotes. Diante disso, todos os percentuais obtidos ( $V\%$ ;  $VR\%$  e  $G\%$ ) foram classificados em ordem crescente de valor e, posteriormente, a germinação foi dividida em faixas de 5 em 5%, utilizando as médias de cada faixa de germinação para melhor interpretação dos resultados e verificação da diferença gráfica entre o  $V$  e  $VR$  (Quadro 1).

Quadro 1 – Faixas de germinação para interpretação e verificação das diferenças de  $V$  e  $VR$  para os dados de empresa.

Faixa de Germinação (%)	
Faixa 1	55.5% a 60%
Faixa 2	60.5% a 65%
Faixa 3	65.5% a 70%
Faixa 4	70.5% a 75%
Faixa 5	75.5% a 80%
Faixa 6	80.5% a 85%
Faixa 7	85.5% a 90%
Faixa 8	90.5% a 95%
Faixa 9	95.5% a 100%

Fonte: A autora.

Como o vigor relativo advém de um quociente de proporções, a medida não possui distribuição amostral conhecida, fato que impossibilitaria a realização de inferências estatísticas. Por esse motivo, utilizou-se a técnica *bootstrap* para obtenção de intervalos de confiança. Esta técnica consistiu em 1000 reamostragens, com reposição, da amostra original, obtida através dos dados de germinação e vigor. Para cada reamostragem calculou-se o vigor relativo e a distribuição obtida de todas as reamostragens foi considerada a distribuição aproximada dessas estatísticas.

Ao final das reamostragens, para cada classe de germinação, construiu-se o intervalo de confiança (IC) *bootstrap* percentil, com 95% de confiança. O limite inferior do intervalo foi dado pelo percentil 0.025 da distribuição obtida e o limite superior pelo percentil 0.975 (MANTEIGA; SÁNCHEZ, 1994). Para obtenção dos IC's programou-se uma função no software R (R CORE TEAM, 2019) (Anexo A), sendo calculados os limites superiores e inferiores tanto do  $V\%$  quanto do  $VR\%$ , para as nove faixas de germinação.

### 2.3 Medidas de vigor em artigos publicados na *Seed Science and Technology*

Foram selecionados 30 artigos entre 1977 e 2002 publicados na revista *Seed Science and Technology*, uma das principais revistas internacionais na área de produção, amostragem, teste, armazenamento, processamento e distribuição de sementes. A revista iniciou suas publicações no ano de 1973 com cópias impressas e, a partir de 2002, passou a ter também cópias eletrônicas. Desses 30 artigos apenas 14 foram passíveis de cálculo do vigor relativo em função da publicação dos dados numéricos expressos em porcentagem.

Para a seleção dos artigos foram adotados alguns critérios, tais como: culturas agrícolas (milho, trigo, algodão, tomate, arroz, feijão e soja), impacto ou importância do artigo, testes realizados e época de publicação, décadas de 70, 80 e 90, quando os primeiros estudos sobre vigor foram iniciados. Nesta pesquisa foram utilizados aqueles testes de vigor expressos em porcentagem como o teste de frio, tetrazólio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, primeira contagem, normal forte, emergência em bandeja e emergência em campo.

Após uma análise e interpretação criteriosa de cada artigo, assim como os dados da empresa, os dados de todos os artigos também foram reunidos, independente do teste e da cultura, de forma a obter um conjunto de dados numéricos e expressos em porcentagem. Posteriormente, foram classificados em ordem crescente de valor e divididos em cinco faixas de germinação, utilizando as médias de cada faixa para melhor interpretação dos resultados e verificação da diferença entre o  $V$  e  $VR$  (Quadro 2). Novamente foi utilizada a técnica *bootstrap* da mesma forma e pelo mesmo pacote dos dados da empresa (ANEXO A).

Quadro 2 – Faixas de germinação para interpretação e verificação das diferenças de  $V$  e  $VR$  para os dados publicados na revista.

Faixa de germinação	
Faixa 1	22.6% a 65.9%
Faixa 2	70.1% a 85.8%
Faixa 3	86% a 90.8%
Faixa 4	91% a 95.75%
Faixa 5	96% a 100%

Fonte: A autora.

## 2.4 Simulação de dados

Para a comercialização de sementes existe um valor mínimo de germinação que estas devem apresentar para que sejam classificadas como sementes e não como grãos. Atendendo aos pressupostos da Instrução Normativa nº 45 (BRASIL, 2013), no caso da soja e do milho esse valor de referência é de 80% e 85%, respectivamente. Utilizando dados simulados de uma Distribuição Binomial, através do software R (R CORE TEAM, 2019) (ANEXO B), obtiveram-se percentuais de germinação e vigor de 1500 experimentos contendo 400 sementes cada. Para o cálculo desses percentuais foram estabelecidas faixas de germinação e vigor (Quadro 3).

Quadro 3 – Faixa de germinação e vigor para simulação.

Faixa de germinação	Intervalos	Faixa de vigor	Intervalos
Faixa 1	$80 \leq G \leq 85\%$	Faixa 1	$75 \leq V \leq 80\%$
Faixa 2	$85 < G \leq 90\%$	Faixa 2	$80 < V \leq 85\%$
Faixa 3	$90 < G \leq 95\%$	Faixa 3	$85 < V \leq 90\%$
Faixa 4	$95 < G \leq 100\%$	Faixa 4	$90 < V \leq 95\%$

Fonte: A autora.

Após a simulação calculou-se as médias de germinação e vigor para cada faixa. Para o cálculo do vigor relativo cruzou-se cada percentual médio de germinação com as médias de vigor de todas as faixas, obtendo-se 13 percentuais médios de  $VR$ . Nas faixas em que o vigor foi maior que a germinação não foi feito o cálculo do vigor relativo em função de valores acima de 100%.

A partir desses dados simulados e nestas condições de germinação e vigor, foram consideradas três situações diferentes: uma em que a empresa descarta lotes de sementes com vigor abaixo de 90% (Situação a), outra com vigor abaixo de 85% (Situação b) e, por fim, descarte de lotes com vigor abaixo de 80% (Situação c). Com isso, utilizou-se de gráficos para afirmar quando um lote era aprovado ou reprovado de acordo com o resultado do  $VR$  e do  $V$ , considerando essas três situações para cada faixa de germinação.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Resultados do vigor relativo em um sistema de produção comercial de sementes

Em uma primeira análise da expressão e graficamente foi possível constatar que, matematicamente, o vigor relativo ( $VR$ ) é uma quantidade igual ou superior ao vigor ( $V$ ), uma vez que o denominador da expressão é a germinação (Figura 1). Diante disso, a diferença entre  $V$  e  $VR$  é dependente dos percentuais de germinação.

Das informações sobre um sistema de controle de qualidade de uma empresa foi possível constatar na análise de “Plântulas Fortes” que nos lotes com germinação baixa ( $55 \leq G < 65\%$ ) ou intermediária ( $65 \leq G < 75\%$ ) as diferenças entre  $V$  e  $VR$  foram superiores (Figuras 1A,B). Em relação aos lotes com germinação marginal ( $75 \leq G < 90\%$ ) e alta, acima de 90% (Figuras 1C,D), os valores de  $VR$  foram acima do  $V$  com classificações distintas para os lotes.

Para lotes com germinação baixa ( $55 \leq G < 65\%$ ), os percentuais de  $VR$  estão na faixa entre 34.92 a 95%, enquanto os de  $V$  estão entre 22 e 58.5% (Figura 1A). Pelo  $VR$  comprovou-se que um lote com menos de 65% de germinação foi capaz de atingir vigor relativo superior a 90% e até mesmo atingir 95%, o que mostra sua capacidade de alterar a classificação do vigor de um lote de sementes se comparado ao vigor, na sua forma absoluta. Esse mesmo comportamento foi observado em lotes de germinação intermediária ( $65 \leq G < 75\%$ ), com os valores de  $VR$  entre 48.48% a 98.55% e de  $V$  entre 32% a 73% (Figura 1B).

Para lotes com germinação marginal ( $75 \leq G < 90\%$ ) e alta, acima de 90%, as diferenças entre  $V$  e  $VR$  tenderam a se estreitar, causando sobreposição parcial (Figura 1C e 1D). O vigor relativo entre 39.28% e 100%, para lotes de germinação marginal, contrastou com os valores de vigor entre 33% a 89% (Figura 1C). Para lotes de vigor alto, os valores de  $VR$  ficaram na faixa de 62.11% a 100% de  $VR$ , enquanto os de  $V$  ficaram na faixa entre 59% a 99% (Figura 1D).

Esses resultados evidenciaram que o vigor relativo pode ser utilizado como uma ferramenta a mais em sistemas de controle de qualidade de lotes de sementes comerciais, principalmente, por ser um teste pouco trabalhoso. Isso porque o vigor relativo é de fácil realização, pois apenas com um cálculo já se obtém o resultado do  $VR$ . Esse teste pode ser utilizado também para classificar lotes de sementes em ambientes com dificuldade de armazenamento adequado, facilitando, assim, a interpretação dos resultados e tomada de decisão.

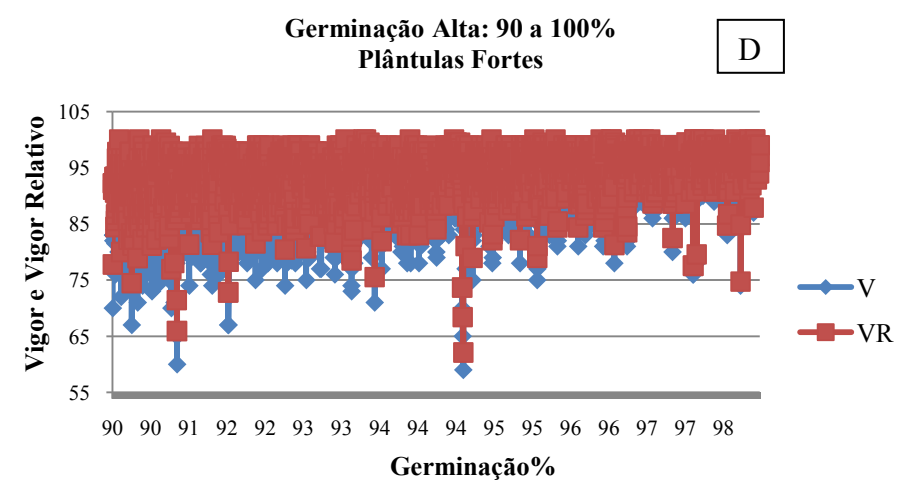
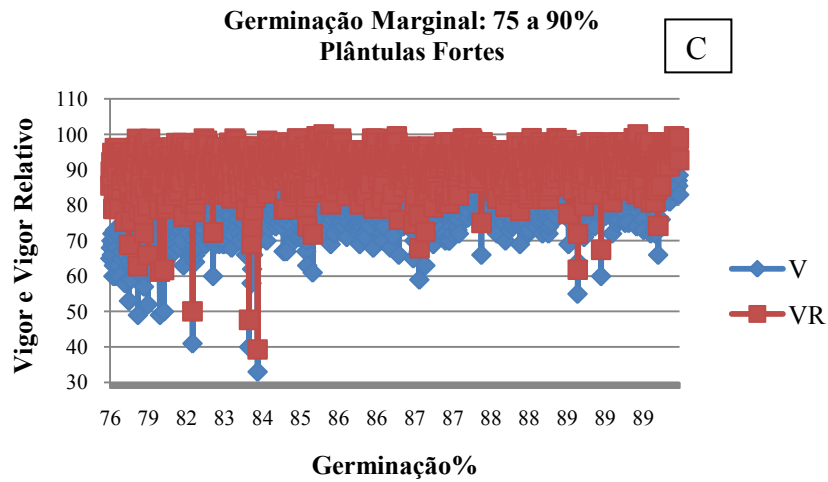
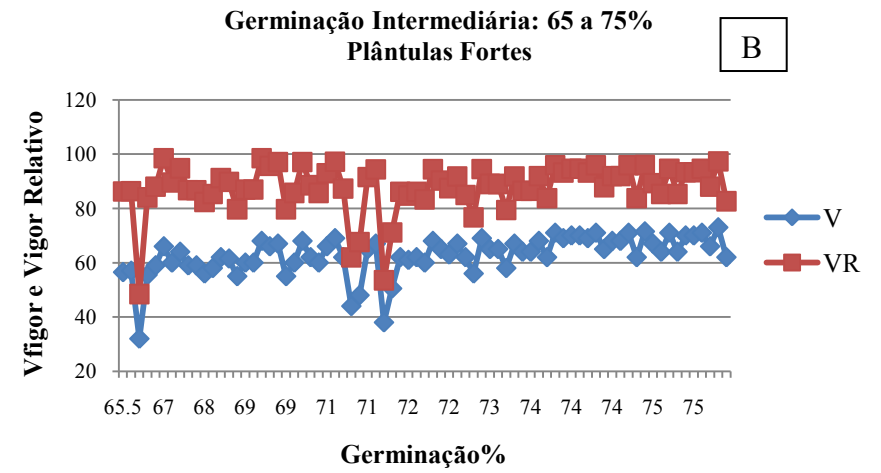
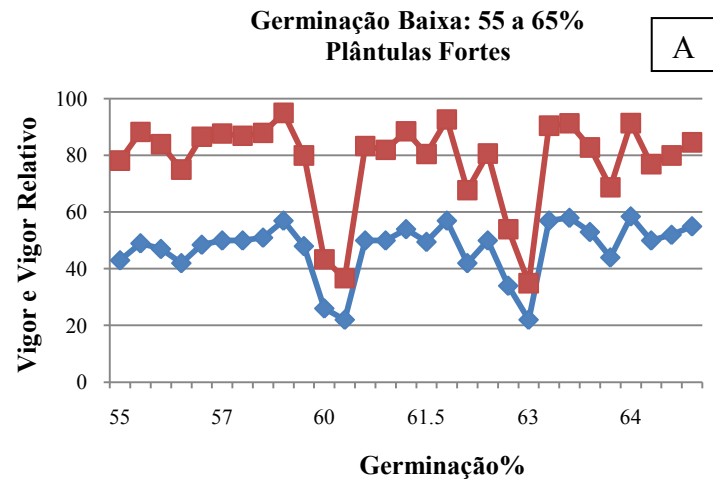


Figura 1. Vigor (*V*) e vigor relativo (*VR*) em diferentes condições de germinação. Germinação baixa (A), intermediária (B), marginal (C) e alta (D).

Por se tratarem de informações relativas a lotes comerciais, do total de 4411 lotes, 3169 se encontravam na faixa de 90 a 100%, ou seja, cerca de 72% eram lotes com alta germinação, justificando as maiores frequências de informações nas faixas acima de 75% e as sobreposições. Com exceção da faixa de germinação baixa, em algumas situações os valores de *VR* alcançaram percentuais acima 100% e ocorreram nas situações pontuais nas quais o vigor foi numericamente superior à própria germinação.

Em uma análise conjunta das quatro faixas de germinação (baixa, intermediária, marginal e alta) com agrupamento em classes de germinação (média a cada 5%), as diferenças entre o vigor relativo e o vigor ficaram mais nítidas, principalmente em condições de germinação extrema, tanto para mais quanto para menos (Figura 2). Lotes com germinação média na faixa entre 55-60% atingiram vigor relativo médio entre 75 e 80%, enquanto o vigor ficou em torno de 45%. Nas condições de germinação média superior a 90%, o *VR* praticamente se igualou ao *V*.

Esses valores mostraram a capacidade do *VR* em alterar a classificação dos lotes de sementes de classes intermediárias para classes de alto vigor. Esses resultados evidenciaram que o problema dessas sementes de soja estava provavelmente na germinação e não no vigor. Em contrapartida, nos casos de germinação alta (acima de 90%), o vigor acompanhou, para a maioria dos lotes, os percentuais do vigor relativo, e, nessas situações, foi suficiente para representar a qualidade fisiológica da semente, sendo o cálculo do vigor relativo facultativo.

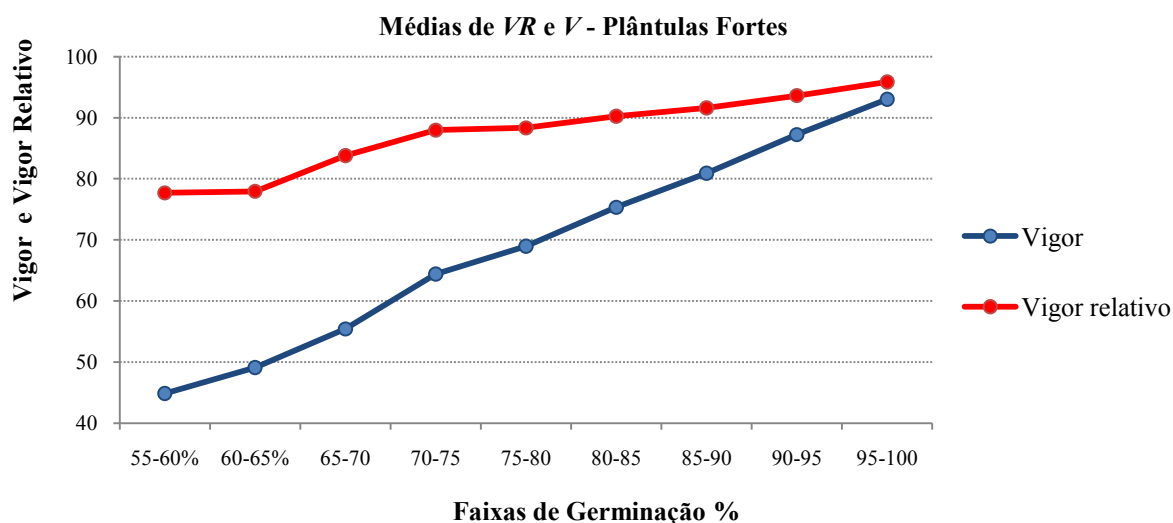


Figura 2. Médias de vigor relativo e vigor em diferentes faixas de germinação com base em resultados oriundos do teste de vigor plântulas fortes.

Em relação aos resultados do *bootstrap*, comprovando o que foi encontrado nos gráficos, nas faixas de germinação baixa ( $55 \leq G < 65\%$ ) a intermediária ( $65 \leq G < 75\%$ ), os intervalos de confiança do  $V$  e do  $VR$  ficaram bem distantes (estatisticamente diferentes) (Tabela 1). Nas faixas de germinação marginal ( $75 \leq G < 90\%$ ) a alta (acima de 90%), os valores dos intervalos até se aproximaram, mas mesmo assim não chegaram a se sobrepor, sendo considerados também diferentes estatisticamente.

Como dito anteriormente, a maioria dos lotes se encontrava nas faixas de maior germinação e isso gerou falta de variabilidade nos dados, encontrando assim um resultado controverso, pois esperava-se que em condições de germinação alta os intervalos de confiança do  $VR$  e  $V$  ficassem sobrepostos. Assim como na Tabela 1, os intervalos de confiança (Figura 3) com os limites superiores e inferiores obtidos com o *bootstrap* mostraram graficamente que em condições de germinação baixa o vigor relativo foi superior ao vigor e que mesmo nos casos em que a germinação foi alta os intervalos de confiança do  $V$  e  $VR$  não se sobreporam, devido à falta de variabilidade existente nos dados.

Tabela 1. Limites superior e inferior dos intervalos de confiança por *bootstrap* para a média do vigor e vigor relativo de plântulas fortes.

Germinação (%)	Intervalos de confiança Bootstrap (95%)					
	Vigor			Vigor Relativo		
	Limite inferior	Limite superior	Média	Limite inferior	Limite superior	Média
Faixa 1 55-60	39.50	49.65	44.88	68.10	86.30	77.70
Faixa 2 60-65	43.33	53.17	49.13	68.91	84.71	77.95
Faixa 3 65-70	56.56	61.69	55.43	83.13	90.77	83.79
Faixa 4 70-75	62.32	66.20	64.42	85.10	90.49	87.97
Faixa 5 75-80	67.88	70.04	68.99	86.86	89.76	88.33
Faixa 6 80-85	74.68	75.98	75.34	89.40	91.05	90.24
Faixa 7 85-90	80.63	81.21	80.92	91.27	91.96	91.62
Faixa 8 90-95	87.06	87.40	87.23	93.41	93.82	93.62
Faixa 9 95-100	92.81	93.19	93.01	95.65	96.05	95.85

Fonte: A autora.

Com o uso do *bootstrap* foi possível provar estatisticamente a capacidade do  $VR$  em alterar a classificação dos lotes de sementes de classes intermediárias para classes de alto vigor, evidenciando mais uma vez que o problema dessas sementes estava na germinação e não no vigor.

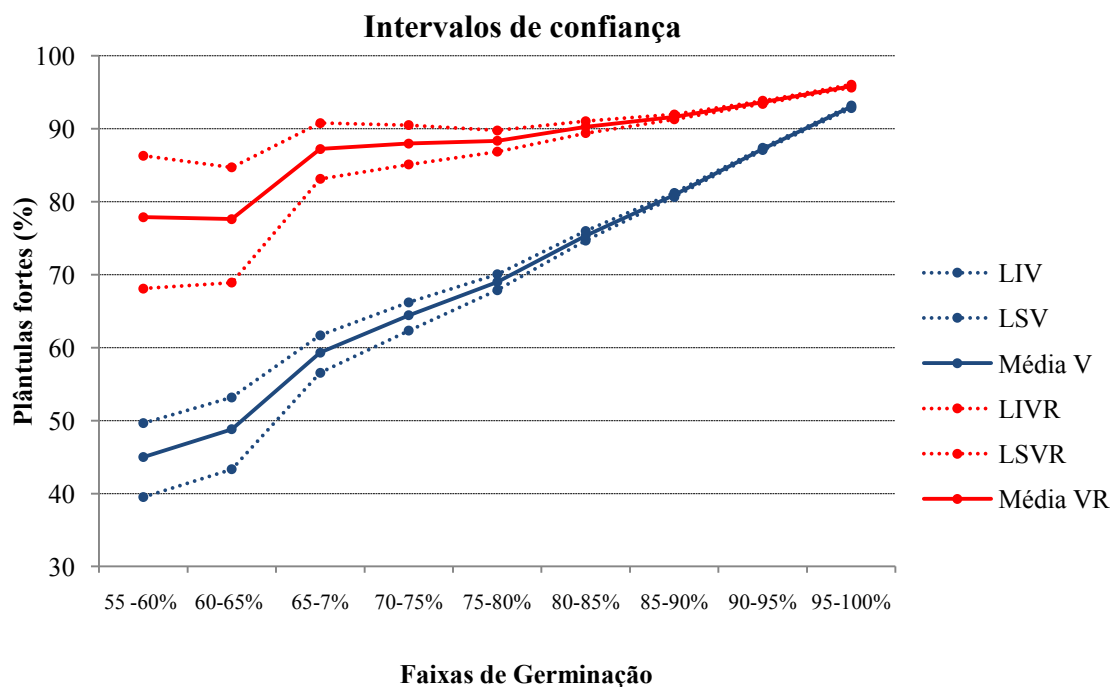


Figura 3. Intervalos de confiança das médias do  $VR$  e  $V$  para cada faixa de germinação no teste plântulas forte.

A amplitude dos intervalos de confiança do  $VR$  foi maior que a do  $V$  (Figura 3). Esse fato ocorreu, pois o vigor é uma medida única, enquanto o vigor relativo depende de duas variabilidades, da germinação e do próprio vigor na sua forma absoluta, consequentemente o  $VR$  também teve alta variabilidade.

Em relação aos outros testes de vigor realizados pela empresa foi observado que os resultados obtidos, antes do *bootstrap*, do  $VR$  e  $V$  para o teste envelhecimento acelerado total (Tabela 2; Figura 4) foram semelhantes ao de plântulas fortes. Em condições de germinação baixa, as médias de  $VR$  foram superiores as médias de  $V$  e, em condições de germinação alta, as medidas se aproximaram. Na faixa de germinação de 60 a 65% ocorreu queda em ambos os valores, tanto no  $V$  quanto no  $VR$ . Isso se deveu ao fato de que nessa faixa existiram valores muito discrepantes, entre 12% até 77.5% para o vigor, e esse valor de 12% puxou a média para baixo, tanto do vigor quanto do vigor relativo. Esta mesma situação aconteceu para o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3; Figura 5).



Tabela 2 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo para o teste de vigor envelhecimento acelerado total para cada faixa de germinação.

Faixas de germinação		Média <i>G</i> %	Média <i>V</i> %	Média <i>VR</i> %
Faixa 1	55-60%	57.77	45.50	78.56
Faixa 2	60-65%	63.03	39.94	63.20
Faixa 3	65-70%	68.14	58.26	85.49
Faixa 4	70-75%	73.23	58.97	80.42
Faixa 5	75-80%	78.10	62.13	79.59
Faixa 6	80-85%	83.49	69.30	82.97
Faixa 7	85-90%	88.33	73.90	83.66
Faixa 8	90-95%	93.18	79.87	85.70
Faixa 9	95-100%	97.04	86.35	88.98

Fonte: A autora.

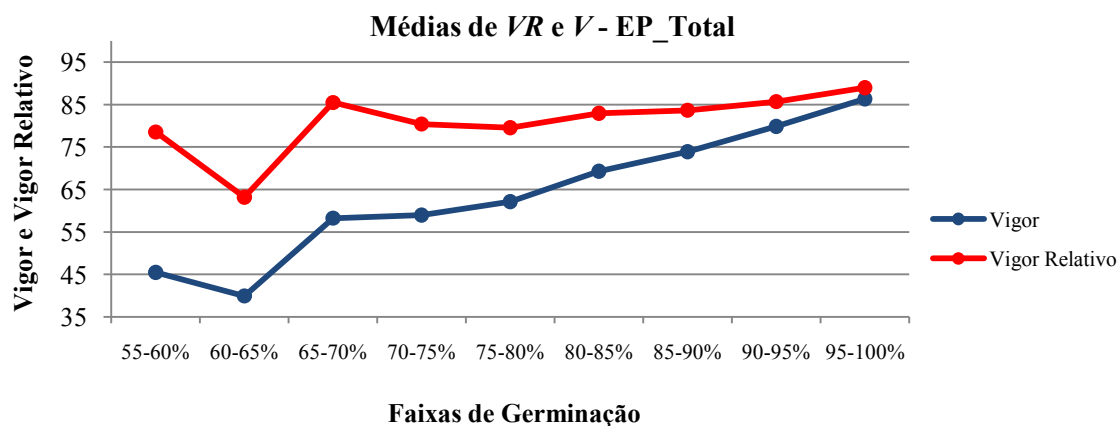
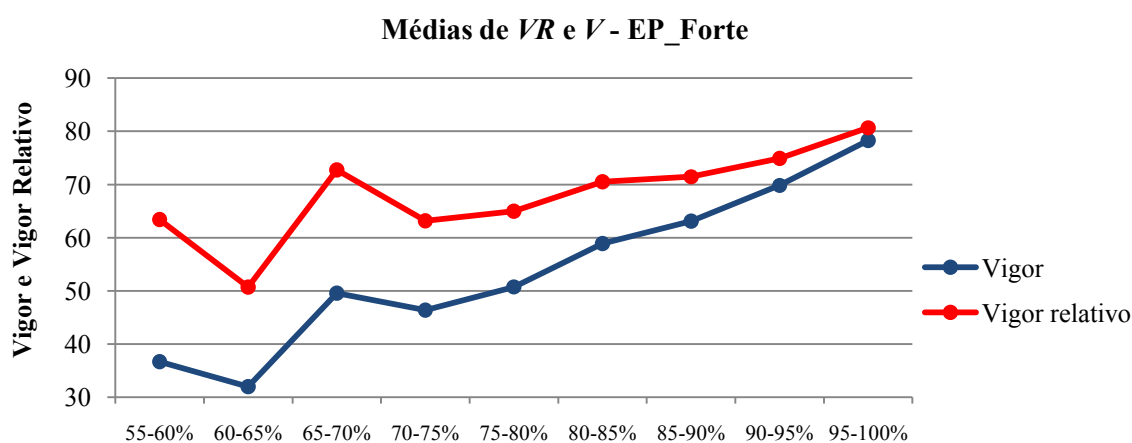


Figura 4. Médias de *V* e *VR* para cada faixa de germinação no teste envelhecimento acelerado total.

Tabela 3 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo para o teste de vigor envelhecimento acelerado com classificação de plântulas para cada faixa de germinação.

Faixas de germinação		Média <i>G</i> %	Média <i>V</i> %	Média <i>VR</i> %
Faixa 1	55-60%	57.77	36.69	63.41
Faixa 2	60-65%	63.03	32.03	50.71
Faixa 3	65-70%	68.14	49.56	72.74
Faixa 4	70-75%	73.23	46.38	63.19
Faixa 5	75-80%	78.10	50.74	64.99
Faixa 6	80-85%	83.49	58.90	70.51
Faixa 7	85-90%	88.33	63.12	71.45
Faixa 8	90-95%	93.18	69.82	74.91
Faixa 9	95-100%	97.04	78.28	80.66

Fonte: A autora.



#### Faixas de germinação

Figura 5. Médias de  $V$  e  $VR$  para cada faixa de germinação no teste envelhecimento acelerado com classificação de plântulas.

Os resultados obtidos após a técnica do *bootstrap* para os testes envelhecimento acelerado e envelhecimento acelerado com classificação de plântulas (Tabelas 4 e 5; Figuras 6 e 7) foram semelhantes aos do teste de plântulas fortes. Com os limites superiores e inferiores obtidos, foi possível mostrar graficamente que em condições de germinação baixa o vigor relativo foi superior ao vigor, provando estatisticamente a capacidade do  $VR$  em alterar a classificação dos lotes de sementes de classes intermediárias para classes de alto vigor.

Tabela 4 - Limites superior e inferior dos intervalos de confiança por *bootstrap* para a média do vigor e vigor relativo de envelhecimento acelerado.

Germinação (%)		Intervalos de confiança Bootstrap (95%)					
		Vigor			Vigor Relativo		
		Limite inferior	Limite superior	Média	Limite inferior	Limite superior	Média
Faixa 1	55-60	37.92	53.58	45.50	65.43	92.75	78.56
Faixa 2	60-65	32.59	47.22	39.94	51.60	74.75	63.20
Faixa 3	65-70	53.58	62.14	58.26	78.62	91.33	85.49
Faixa 4	70-75	54.64	62.91	58.97	74.61	86.01	80.42
Faixa 5	75-80	59.57	64.75	62.13	76.20	82.92	79.59
Faixa 6	80-85	67.75	70.81	69.30	81.16	84.82	82.97
Faixa 7	85-90	73.01	74.72	73.90	82.66	84.59	83.66
Faixa 8	90-95	79.20	80.47	79.87	85.00	86.38	85.70
Faixa 9	95-100	85.64	87.01	86.35	88.26	89.66	88.98

Fonte: A autora.

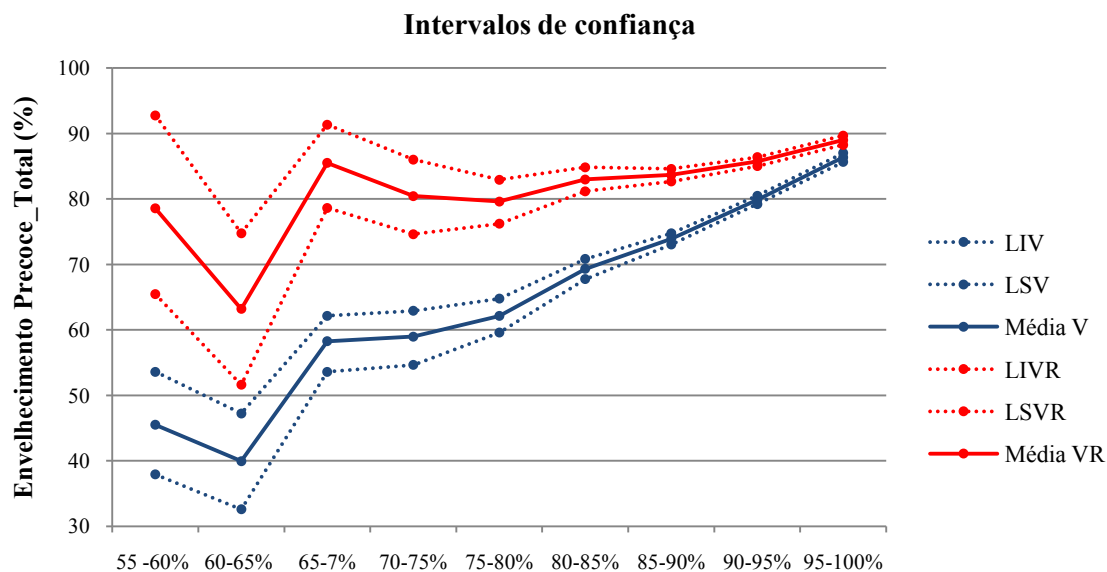


Figura 6. Gráfico com os intervalos de confiança das médias do VR e V para cada faixa de germinação no teste envelhecimento acelerado.

Tabela 5 - Limites superior e inferior dos intervalos de confiança por *bootstrap* para a média do vigor e vigor relativo de envelhecimento acelerado com classificação de plântulas.

Germinação (%)	Intervalos de confiança Bootstrap (95%)					
	Vigor			Vigor Relativo		
	Limite inferior	Limite superior	Média	Limite inferior	Limite Superior	Média
Faixa 1 55-60	27.46	45.54	36.69	47.49	78.87	63.41
Faixa 2 60-65	24.69	39.50	32.03	39.13	62.64	50.71
Faixa 3 65-70	44.80	53.64	49.56	65.60	78.81	72.74
Faixa 4 70-75	40.40	51.98	46.38	55.16	70.92	63.19
Faixa 5 75-80	47.43	54.00	50.74	60.73	69.09	64.99
Faixa 6 80-85	57.02	60.83	58.90	68.29	72.88	70.51
Faixa 7 85-90	61.93	64.33	63.12	70.12	72.8423	71.45
Faixa 8 90-95	68.92	70.69	69.82	73.96	75.89	74.91
Faixa 9 95-100	77.16	79.25	78.28	79.52	81.68	80.66

Fonte: A autora.

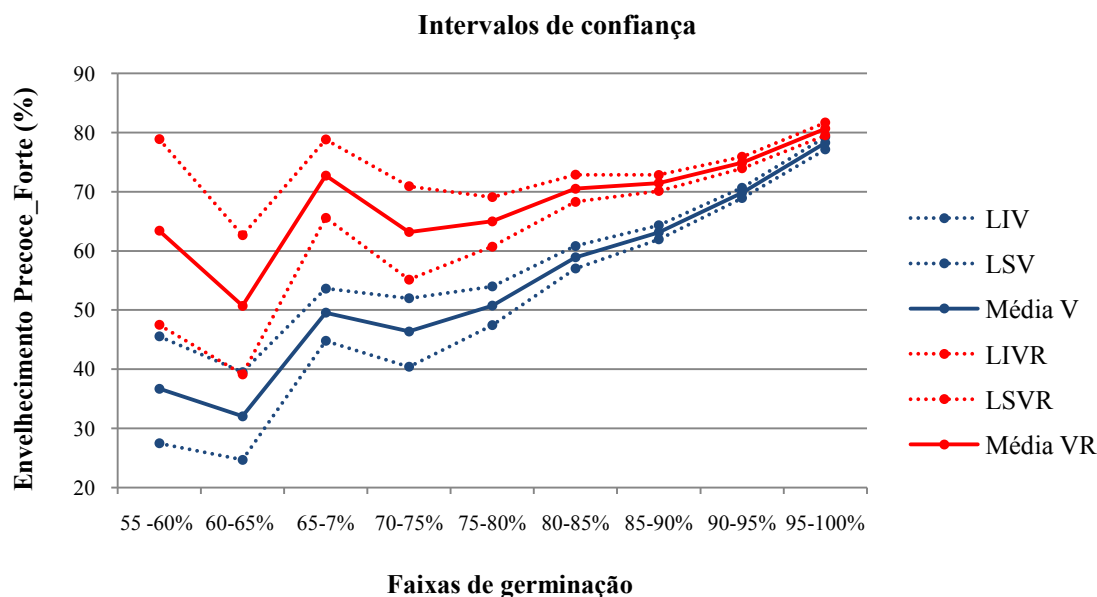


Figura 7. Gráfico com os intervalos de confiança das médias do *VR* e *V* para cada faixa de germinação no teste envelhecimento acelerado com classificação de plântulas.

Para o teste de tetrazólio ocorreu um fato inesperado. Da faixa 1 até a faixa 6 (55 até 85% de germinação), os valores de *VR* passaram de 100%. Isso ocorreu porque as médias do vigor foram maiores que as da germinação (Tabela 6; Figura 8). Normalmente esse fato não acontece, por ser o tetrazólio um teste de vigor. Entre os motivos prováveis estão problemas de protocolo do teste, treinamento do analista ou a análise ter detectado apenas viabilidade e não vigor.

Tabela 6 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo para o teste de vigor tetrazólio para cada faixa de germinação.

Faixas de germinação	Média <i>G</i> %	Média <i>V</i> %	Média <i>VR</i> %	
Faixa 1	55-60%	57.77	67.12	116.05
Faixa 2	60-65%	63.03	68.81	109.14
Faixa 3	65-70%	68.14	72.93	106.95
Faixa 4	70-75%	73.23	74.51	101.83
Faixa 5	75-80%	78.10	81.47	104.31
Faixa 6	80-85%	83.49	83.86	100.46
Faixa 7	85-90%	88.33	85.92	97.27
Faixa 8	90-95%	93.18	88.58	95.08
Faixa 9	95-100%	97.04	90.71	93.49

Fonte: A autora.

### Médias de $VR$ e $V$ - Tetrázólio

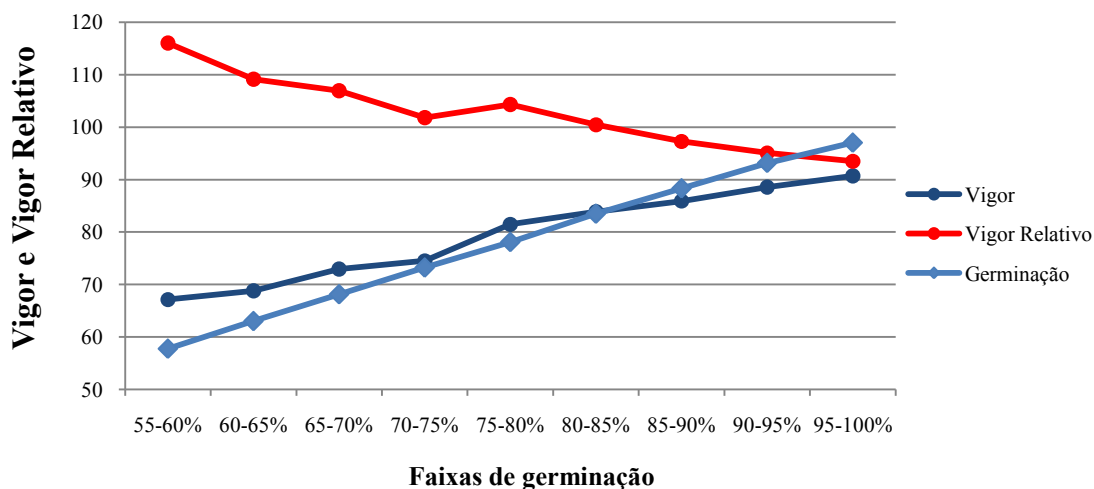


Figura 8. Gráfico com as médias de germinação,  $V$  e  $VR$  para cada faixa de germinação no teste tetrázólio.

Esses resultados mostrados anteriormente estão em relação aos dados originais. Após a realização da técnica do *bootstrap* comprovou-se o que foi verificado graficamente, ou seja, intervalos de confiança do  $VR$  muito acima do  $V$ , ultrapassando a casa dos 100% (Tabela 7; Figura 9). Apenas nas condições de germinação alta, acima de 90%, os limites inferiores e superiores ficaram mais próximos e abaixo de 100%.

Tabela 7 - Limites superior e inferior dos intervalos de confiança por *bootstrap* para a média do vigor e vigor relativo obtidos utilizando os resultados do teste de tetrázólio.

Germinação (%)		Intervalos de confiança Bootstrap (95%)					
		Vigor			Vigor Relativo		
		Limite inferior	Limite superior	Média	Limite inferior	Limite superior	Média
Faixa 1	55-60	62.50	72.49	67.12	107.89	126.01	116.05
Faixa 2	60-65	64.41	73.71	68.81	102.26	117.13	109.14
Faixa 3	65-70	68.88	76.93	72.93	100.99	113.11	106.95
Faixa 4	70-75	71.66	77.11	74.51	97.95	105.43	101.83
Faixa 5	75-80	80.06	82.90	81.47	102.46	106.27	104.31
Faixa 6	80-85	83.10	84.59	83.86	99.51	101.34	100.46
Faixa 7	85-90	85.49	86.31	85.92	96.76	97.74	97.27
Faixa 8	90-95	88.34	88.80	88.58	94.80	95.30	95.08
Faixa 9	95-100	90.46	90.96	90.71	93.22	93.75	93.49

Fonte: A autora.

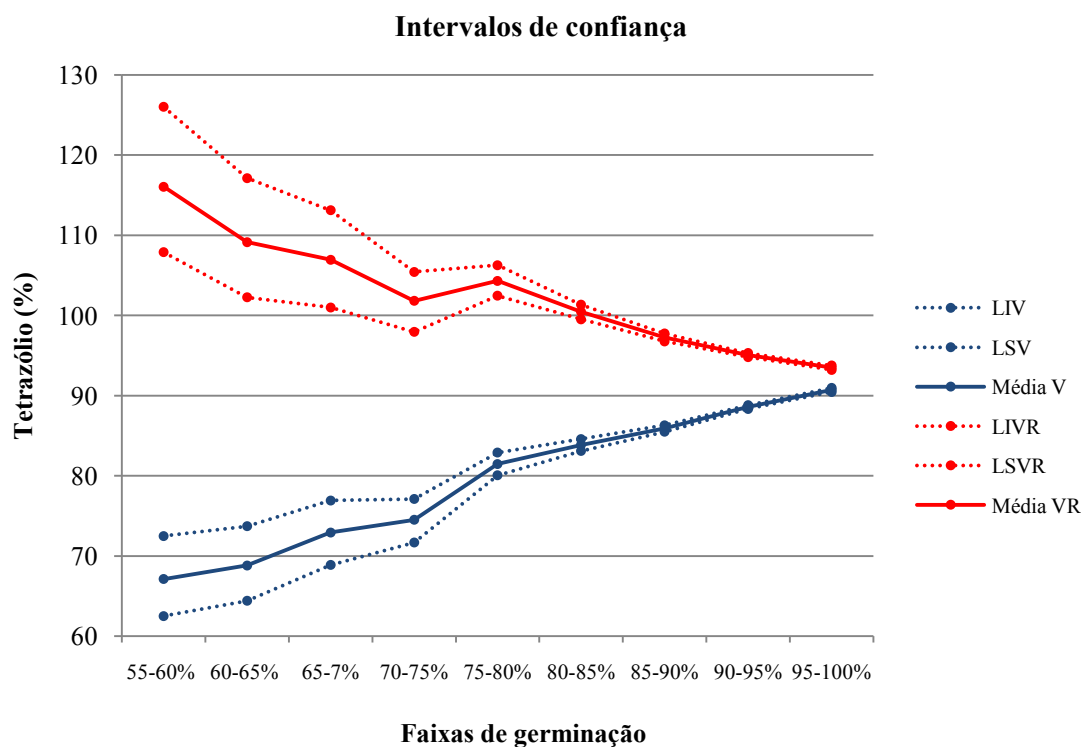


Figura 9. Intervalos de confiança das médias do VR e V para cada faixa de germinação, obtidos utilizando os resultados do teste de tetrazólio.

### 3.2 Resultados das medidas de vigor citadas em artigos

As diferenças nos conceitos de vigor e vigor relativo foram notáveis nos dados obtidos do artigo sobre os efeitos do dano mecânico em sementes de soja durante o processamento, publicado em 1994 (Tabela 8). Ao considerar o tetrazólio como um componente do vigor na sua forma absoluta, seus percentuais se equivaleram aos percentuais de germinação das cultivares IAC-15 e Dourados, indicando baixo vigor das sementes de ambas. Contudo, as estimativas de vigor relativo (VR) foram superiores a 90% para lotes de sementes de soja com estimativas de germinação em torno de 50% (IAC-15) e 70% (Dourados), caracterizando as sementes de soja como vigorosas. O vigor relativo de 101.4% para um dos lotes da cultivar Dourados foi provavelmente consequência da amostragem, fazendo com que o percentual de vigor (tetrazólio) superasse o percentual de germinação no teste padrão. Valores de vigor relativo superiores ao vigor também puderam ser comprovados para Ocepar-7.

Tabela 8 - Médias de germinação, vigor (teste tetrazólio) e vigor relativo de 3 cultivares de soja submetidas a diferentes períodos de armazenamento.

Cultivar								
IAC-15			Ocepar -7			Dourados		
<i>G</i>	<i>TZ=V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>TZ=V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>TZ=V</i>	<i>VR</i>
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>58</b>	53	91.4	<b>83</b>	78	94.0	<b>72</b>	71	98.6
<b>50</b>	47	94.0	<b>85</b>	73	85.9	<b>71</b>	67	94.4
<b>43</b>	42	97.7	<b>86</b>	71	82.6	<b>72</b>	73	101.4

Fonte: Adaptado de Vieira; Vieira; Paschoalick (1994)

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Diferente do experimento com sementes de soja (Tabela 8), o vigor de sementes de trigo obtido nos testes de envelhecimento acelerado acompanhou os percentuais do vigor relativo (Tabela 9). Nesse experimento, o vigor foi suficiente para representar a qualidade fisiológica da semente e o vigor relativo se tornou facultativo. Esse cenário foi observado nos resultados tanto em condições de vigor alto, acima de 70% (lotes 2, 3 e 4), quanto em condições de baixo vigor, abaixo de 65%; lote 1 (43°C/72H, 45°C/72H) e lote 6 (45°C/72H).

Tabela 9 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de 6 lotes de sementes de trigo após o envelhecimento acelerado em três temperaturas (°C) e durações (h).

Lote	Teste de Vigor- Envelhecimento Acelerado										
	<i>G</i> %	41°C/72h		41°C/96h		43°C/72h		45°C/48h		45°C/72h	
		<i>V</i> %	<i>VR</i> %	<i>V</i> %	<i>VR</i> %	<i>V</i> %	<i>VR</i> %	<i>V</i> %	<i>VR</i> %	<i>V</i> %	<i>VR</i> %
1	<b>99</b>	79.0	79.8	19.0	19.2	27.0	27.3	73.0	73.7	8.0	8.1
2	<b>98</b>	98.0	100.0	98.0	100.0	94.0	95.9	96.0	98.0	95.0	96.9
3	<b>97</b>	92.0	94.8	85.0	87.6	78.0	80.4	82.0	84.5	70.0	72.2
4	<b>97</b>	96.0	99.0	82.0	84.5	86.0	88.7	83.0	85.6	80.0	82.5
5	<b>98</b>	96.0	98.0	91.0	92.9	97.0	99.0	96.0	98.0	82.0	83.7
6	<b>97</b>	96.0	99.0	90.0	92.8	88.0	90.7	90.0	92.8	62.0	63.9

Fonte: Adaptado de Modarresi; Rucker; Tekrony (2002).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Circunstância semelhante ao experimento de trigo (Tabela 9) foi também verificada em sementes de soja das cultivares IAC-8 e IAC-15 (Tabela 10). Os valores de germinação desses lotes de sementes foram em média de 92.5% (IAC-8) e 95% (IAC-15) e os valores de vigor relativo acompanharam os do vigor, sendo este suficiente para indicar a qualidade da semente (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores médios de germinação, vigor e vigor relativo de duas cultivares de soja (IAC-8 e IAC-15) submetidas a diferentes testes de vigor (1ª contagem de germinação, envelhecimento acelerado, normal forte, tetrazólio, viáveis, vigorosas e emergência em campo).

IAC – 8												
<i>G (%)</i>	1ª contagem		EA		Normal Forte		Viáveis		Vigorosas		Emergência em Campo	
	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>
<b>94</b>	89	94.7	87	92.6	87	92.6	82	87.2	91	96.8	83	88.3
<b>93</b>	88	94.6	84	90.3	87	93.5	83	89.2	91	97.8	84	90.3
<b>90</b>	83	92.2	74	82.2	82	91.1	76	84.4	86	95.6	77	85.6
<b>93</b>	87	93.5	80	86	86	92.5	77	82.8	86	92.5	80	86
<b>92.5</b>	86.8	93.8	81.3	87.8	85.5	92.4	79.5	85.9	88.5	95.7	81	87.5
IAC – 15												
<i>G (%)</i>	1ª contagem		EA		Normal Forte		Viáveis		Vigorosas		Emergência em Campo	
	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>	<i>V%</i>	<i>VR%</i>
<b>94</b>	90	95.7	87	95.7	85	90.4	85	90.4	92	97.9	83	88.3
<b>96</b>	93	96.9	90	96.9	89	92.7	86	89.6	89	92.7	85	88.5
<b>94</b>	87	92.6	80	92.6	83	88.3	78	83	86	91.5	80	85.1
<b>96</b>	90	93.8	88	93.8	87	90.6	87	90.6	93	96.9	86	89.6
<b>95.0</b>	90	94.7	86.3	94.7	86	90.5	84	88.4	90	94.7	83.5	87.9

Fonte: Adaptado de Dias; Marcos-Filho; Carmello (1996).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.



Usando um experimento realizado em dois anos com sementes de soja, o vigor relativo não alterou a classificação das sementes colhidas, separadas em normais, enrugadas e esverdeadas, em relação ao vigor ambos foram considerados baixos nos testes de tetrazólio (*TZ*) e de frio (*TF*), isso para o ano de 1992 (Tabela 11). A alteração na classificação do vigor foi verificada para as sementes de soja colhidas em 1993. Nesse ano, sementes colhidas (todas as sementes juntas, sem distinção de normal, verde ou enrugada) apresentaram vigor na faixa de 60% para *TZ* e *TF*, portanto baixo, e tiveram sua classificação alterada para marginal ( $V=84,5\%$ ; *TF*) e alto ( $V=90\%$ ; *TZ*) com a relativização. Para sementes normais de 1993, essa mudança de faixa de vigor também foi observada, com classificação intermediária do vigor em ambos os testes ( $V$ s na faixa de 65-75%) e relativo de classificação alto ( $VR=91,8\%$ ; *TF*) e marginal ( $VR=88,6\%$ ; *TZ*). Essa alteração de classificação não foi alterada para sementes enrugadas e esverdeadas colhidas em 1993.

Tabela 11 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de sementes de soja colhidas em 1992 e 1993, classificadas em sementes normais, enrugadas e esverdeadas e submetidas ao teste de frio (*TF*) e ao teste tetrazólio (*TZ*).

Ano 1992												
Sementes colhidas			Sementes Normais			Sementes enrugadas			Sementes esverdeadas			
<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
<i>TF</i>	46.0	24.0	52.2	65.9	33.6	51.0	42.6	25.1	58.9	22.6	4.0	17.7
<i>TZ</i>	46.0	20.4	44.3	65.9	32.0	48.6	42.6	9.4	22.1	22.6	3.2	14.2

Ano 1993												
Sementes colhidas			Sementes Normais			Sementes enrugadas			Sementes esverdeadas			
<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
<i>TF</i>	70.1	59.2	84.5	83	76.2	91.8	49.6	28.6	57.7	26.7	6.0	22.5
<i>TZ</i>	70.1	64.6	92.2	83	73.5	88.6	49.6	28.7	57.9	26.7	8.5	31.8

Fonte: Adaptado de Prijic; Jovanovic; Glamoclija (1998).  
*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Sementes de algodão incubadas por 0, 10 e 14 dias foram classificadas como alto, médio e baixo vigor, respectivamente. Posteriormente a essa classificação, as sementes foram submetidas aos testes de vigor: teste de frio, envelhecimento acelerado e estabelecimento em campo.

Com o cálculo do vigor relativo foi possível observar que, para o Lote 1, as sementes classificadas tanto como de vigor médio e baixo realmente apresentaram problema no vigor, pois mesmo ocorrendo um certo acréscimo no valor do  $VR$  em relação ao  $V$ , ainda assim foram considerados valores baixos para vigor (Tabela 12). Além disso, estas sementes apresentaram percentuais de germinação marginais (75 a 90%), mostrando, que, mesmo em condições de germinação mais alta, o cálculo do vigor relativo não superestimou a capacidade do lote de ser vigoroso ou não, pois ele consegue também mostrar quando o problema está no vigor e não na germinação (Tabela 12).

As sementes do Lote 2, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, também apresentam problema no vigor. Em contrapartida, analisando os valores obtidos nesse mesmo lote, mas no teste estabelecimento em campo, onde é classificado como de baixo vigor, é possível dizer, por meio do cálculo do vigor relativo, que o problema não é no vigor, e sim na sua germinação. Além disso, com o uso do  $VR$  foi alterada a classificação do lote de baixo vigor, com o  $V$ , para de vigor marginal com o  $VR$  (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de dois lotes de sementes de algodão previamente classificadas quanto ao seu vigor e submetidas aos testes de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA) e estabelecimento em campo (EC).

Teste	Lote 1								
	Alto Vigor (sensu BISHNOI; DELOUCHE, 1980)			Médio Vigor (sensu BISHNOI; DELOUCHE, 1980)			Baixo Vigor (sensu BISHNOI; DELOUCHE, 1980)		
	$G$	$V$	$VR$	$G$	$V$	$VR$	$G$	$V$	$VR$
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
TF	86	84	97.7	80	56	70	76	39	51.3
EA	86	80	93	80	39	48.8	76	12	15.8
EC	86	77	89.5	80	56	70	76	52	68.4
Teste	Lote 2								
	$G$	$V$	$VR$	$G$	$V$	$VR$	$G$	$V$	$VR$
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
TF	92	91	98.9	90	66	73.3	72	56	77.8
EA	92	92	100	90	62	68.9	72	44	61.1
EC	92	86	93.5	90	68	75.6	72	55	76.4

Fonte: Adaptado de Bishnoi; Delouche (1980).

$G$ : Germinação;  $V$ : Vigor e  $VR$ : Vigor relativo.

Classificação do vigor segundo Bishnoi; Delouche (1980).

Diante desses dados, percebe-se que não existe um padrão nos testes de vigor, na verdade ocorre uma dificuldade de padronização desses testes. Esse fato foi verificado analisando o vigor e viabilidade de mudas de algodão com duas contagens, uma no 4º e outra no 7º dia de condições de teste de frio. Tanto no ano de 1992 quanto em 1993, os resultados obtidos no 4º dia apresentaram valores baixos de vigor e vigor relativo (faixa dos 30-40%). Em contrapartida, altos valores de germinação foram encontrados (85%), mostrando que a análise feita nesse momento (4º dia) não foi o ideal (Tabela 13).

Quando a contagem foi feita no 7º dia ocorreu um acréscimo significativo nos valores de vigor relativo em relação ao vigor, chegando até 16.6% (Tabela 13), ocorrendo, assim, uma alteração na classificação do vigor dessas sementes. Antes elas estavam na faixa intermediária e passaram para uma faixa de classificação de alto vigor, comprovando mais uma vez que o vigor relativo tem esse poder de alterar a classificação do lote de sementes.

Similarmente a essa situação, só que com o teste de envelhecimento acelerado, sementes de milho apresentaram em alguns casos o vigor relativo maior que o vigor, com acréscimos de até 23.3%, isso quando o tempo de envelhecimento foi de 25 minutos a 30°C de temperatura (Tabela 14).

Em alguns casos, o teste de vigor, ao invés de conseguir mostrar a viabilidade da semente sob condições adversas, tem efeito contrário, ou seja, não expõe a semente a condições de “estresse” e pode auxiliar na germinação e desenvolvimento de plântulas. Esse fato foi verificado avaliando sementes de pepino e tomate submetidas ao teste de deterioração controlada e emergência de plântulas (Tabela 15). Tanto para o pepino quanto para o tomate foram observados valores de vigor relativo ultrapassando 100%, com acréscimos de até 26.3% acima desse valor. Provavelmente isso ocorreu não por causa da germinação (média de 86.25% - tomate; 77.25% - pepino), mas sim devido aos próprios testes de vigor nos quais as sementes podem ter passado por uma quebra de dormência (Tabela 15).

Tabela 13 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de sementes de algodão submetidas ao teste de frio em dois anos.

Ano 1992						
Tratamento	Teste Frio 4 dias			Teste Frio 7 dias		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
N-106	80.56	33.2	41.2	80.56	67.4	83.7
N-171	85.81	35.8	41.7	85.81	71.8	83.7
Contr.	80.25	32.4	40.3	80.25	67.5	84.1
Mip	84.88	35.6	42.0	84.88	70.8	83.4
Chlo	84.25	35.1	41.7	84.25	70.4	83.5
Damis	83.38	34.8	41.7	83.38	69.9	83.8
0 (sem zinco)	81.88	33.6	41.0	81.88	68.6	83.7
50 (zinco)	84.50	35.4	41.9	84.50	70.7	83.7
Ano 1993						
Tratamento	Teste Frio 4 dias			Teste Frio 7 dias		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
N-106	83.19	33.9	40.8	83.19	69.1	83.1
N-171	87.81	37.3	42.5	87.81	74.3	84.6
Contr.	82.88	33.3	40.1	82.88	69.3	83.6
Mip	87.12	37.1	42.6	87.12	73.1	83.9
Chlo	86.38	36.4	42.1	86.38	72.6	84.1
Damis	85.62	35.8	41.8	85.62	71.8	83.8
0 (sem zinco)	84.12	34.4	40.9	84.12	69.9	83.1
50 (zinco)	86.88	36.8	42.4	86.88	73.4	84.5

Fonte: Adaptado de Sawan; Gregg; Yousef (1998).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Tabela 14 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de sementes de milho submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

Tempo de exposição (min) - Envelhecimento a 21 °C																	
5			10			15			20			25			240*		
<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
98.0	98.0	100	95.0	92.0	96.8	88.0	68.0	77.3	83.0	66.0	79.5	76.0	54.0	71.1	20.0	6.0	30.0
Tempo de exposição (min) - Envelhecimento a 30 °C																	
5			10			15			20			25			240*		
<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
98.0	99.0	102.	95.0	92.0	95.8	88.0	69.0	76.7	83.0	73.0	85.9	76.0	60.0	83.3	20.0	6.0	30.0

Fonte: Adaptado de Thuy; Choudhary; Hampton (1999).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Nota: \*sem envelhecimento

Tabela 15 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de sementes de tomate e pepino submetidas ao teste de deterioração controlada e ao teste de emergência em bandeja.

Tomate						
Tratamento	Deterioração Controlada			Emergência em bandeja		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
0	95	96	101.1	95	93.0	97.9
6	98	98	100.0	98	94.0	95.9
18	97	98	101.0	97	97.0	100.0
24	96	92	95.8	96	95.0	99.0
30	92	87	94.6	92	89.0	96.7
42	91	86	94.5	91	84.0	92.3
48	95	84	88.4	95	85.0	89.5
72	26	12	46.2	26	32.0	123.1

Pepino						
Tratamento	Deterioração Controlada			Emergência em bandeja		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
0	76	94.0	123.7	76	96.0	126.3
6	83	95.0	114.5	83	98.0	118.1
18	77	96.0	124.7	77	93.0	120.8
24	79	92.0	116.5	79	93.0	117.7
30	79	88.0	111.4	79	94.0	119.0
42	72	90.0	125.0	72	90.0	125.0
48	73	91.0	124.7	73	91.0	124.7
72	79	82.0	103.8	79	88.0	111.4

Fonte: Adaptado de Alsdon; Yule; Powell (1995).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Ao se falar em vigor de sementes é notório que existam diversos testes que apresentam a capacidade de mostrar o potencial germinativo destas. Entre os testes destacam-se o de envelhecimento acelerado e emergência em campo. Realizando os dois testes para os mesmos lotes de sementes resultados diferentes são esperados, uma vez que cada um expõe as sementes a condições adversas distintas. Esse cenário é exemplificado no estudo conduzido para determinar o vigor das sementes de seis variedades de trigo cultivadas nos EUA, durante os anos 1979, 1980 e 1982 (Tabela 17).

Os resultados do teste de emergência em campo para a maioria dos ambientes estudados apresentaram acréscimo da porcentagem do vigor relativo em relação ao vigor na sua forma absoluta (até 19.3%), com exceção do ambiente A7 no qual não ocorreu esse aumento, com valores de *VR* bem próximos aos de *V*. Possivelmente esse acréscimo do vigor relativo ocorreu devido ao fato de esse teste ser mais rigoroso e

resultando na obtenção de valores mais baixos de vigor, mesmo com valores de germinação mais elevados (Tabela 16).

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado isso não ocorreu, uma vez que para a maioria dos ambientes os resultados tanto do vigor relativo quanto vigor, ficou dentro da mesma faixa de classificação dos lotes (alto vigor). Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que tanto os percentuais de germinação quanto do vigor foram elevados (Tabela 16) e considerando que esse teste é menos rigoroso quando comparado ao teste de emergência em campo.

Tabela 16 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de sementes de seis variedades de trigo cultivadas nos EUA em dez ambientes (A1 a A10) submetidas aos testes de emergência em campo e envelhecimento acelerado.

Teste de Vigor – Emergência em Campo															
Variedades	A1			A2			A3			A4			A5		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
Nugaines	95.75	76.5	79.9	94.75	86.0	90.8	80.00	77.0	96.3	93.50	76.0	81.3	90.75	74.0	81.5
Paha	95.50	77.3	80.9	94.25	80.8	85.7	89.25	70.3	78.7	91.00	63.0	69.2	90.75	74.0	81.5
Luke	89.50	84.0	93.9	99.25	86.8	87.4	82.25	79.5	96.7	93.25	66.5	71.3	90.75	70.0	77.1
Moro	82.00	65.0	79.3	99.25	96.3	97.0	87.25	83.3	95.4	88.00	77.5	88.1	92.25	72.8	78.9
Wanser	83.75	58.3	69.6	98.00	88.8	90.6	87.75	71.5	81.5	93.00	71.5	76.9	88.75	85.3	96.1
Kharkof	92.50	71.0	76.8	95.75	78.3	81.7	84.75	65.8	77.6	90.25	76.3	84.5	95.00	78.3	82.4
Variedades	A6			A7			A8			A9			A10		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
Nugaines	95.00	76.0	80.0	98.75	65.5	66.3	80.00	81.3	101.6	91.00	81.5	89.6	88.25	64.5	73.1
Paha	94.75	71.3	75.2	97.75	77.0	78.8	90.75	81.5	89.8	75.75	71.3	94.1	88.00	80.0	90.9
Luke	96.25	72.0	74.8	99.75	71.5	71.7	86.75	74.0	85.3	87.25	75.0	86.0	86.75	78.8	90.8
Moro	89.75	63.8	71.0	98.25	60.5	61.6	82.00	80.5	98.2	81.50	73.3	89.9	92.50	78.0	84.3
Wanser	87.00	74.5	85.6	97.50	77.0	79.0	88.00	79.8	90.6	85.75	63.8	74.3	91.50	85.0	92.9
Kharkof	91.00	71.0	78.0	99.50	90.5	91.0	81.75	56.8	69.4	87.50	81.8	93.4	89.75	79.0	88.0

Continua...



continuação.

Teste de Vigor – Envelhecimento Acelerado															
Variedades	A1			A2			A3			A4			A5		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
Nugaines	95.75	92.00	96.1	94.75	56.25	59.4	80.00	72.25	90.3	93.50	57.50	61.5	90.75	87.50	96.4
Paha	95.50	89.25	93.5	94.25	48.50	51.5	89.25	77.75	87.1	91.00	54.00	59.3	90.75	84.50	93.1
Luke	89.50	85.50	95.5	99.25	87.25	87.9	82.25	76.50	93.0	93.25	75.00	80.4	90.75	85.25	93.9
Moro	82.00	69.75	85.1	99.25	70.25	70.8	87.25	77.50	88.8	88.00	43.00	48.9	92.25	89.00	96.5
Wanser	83.75	77.75	92.8	98.00	60.00	61.2	87.75	81.25	92.6	93.00	49.00	52.7	88.75	88.25	99.4
Kharkof	92.50	81.75	88.4	95.75	71.75	74.9	84.75	72.25	85.3	90.25	52.50	58.2	95.00	87.25	91.8
Variedades	A6			A7			A8			A9			A10		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
Nugaines	95.00	92.00	96.8	98.75	60.50	61.3	80.00	77.00	96.3	91.00	23.00	25.3	88.25	85.25	96.6
Paha	94.75	89.50	94.5	97.75	47.25	48.3	90.75	82.75	91.2	75.75	34.00	44.9	88.00	87.75	99.7
Luke	96.25	86.50	89.9	99.75	78.50	78.7	86.75	73.50	84.7	87.25	50.75	58.2	86.75	84.50	97.4
Moro	89.75	82.00	91.4	98.25	64.75	65.9	82.00	83.25	101.5	81.50	27.75	34.0	92.50	90.25	97.6
Wanser	87.00	74.00	85.1	97.50	47.00	48.2	88.00	81.25	92.3	85.75	26.50	30.9	91.50	88.75	97.0
Kharkof	91.00	84.25	92.6	99.50	65.75	66.1	81.75	74.25	90.8	87.50	21.25	24.3	89.75	89.75	100

Fonte: Adaptado de Tomer; Maguire (1990).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Situação semelhante ocorreu com sementes de soja do Lote 1 submetidas a esse mesmo teste de vigor (EA). Não houve um relativo acréscimo dos valores de vigor relativo em relação aos de vigor, que apresentaram, em ambos os casos, percentuais elevados, assim como os percentuais de germinação, podendo considerar este um lote de alto vigor (Tabela 17). Tal como ocorreu com sementes de algodão submetidas aos testes de envelhecimento acelerado, teste de frio e estabelecimento em campo (Tabela 18).

Oposto a esse cenário, para os Lotes 2 e 3, apesar de também não ocorrer acréscimos significativos nos valores do vigor relativo em relação ao vigor na forma absoluta, os valores obtidos foram bem baixos, ainda que a germinação tivesse obtido percentuais elevados, mostrando que este tipo de situação também ocorre e podendo considerar esses lotes de sementes de soja como de baixo vigor (Tabela 17).

Desse modo, ocorreu também para sementes de algodão submetidas ao teste de frio, que, principalmente para as cultivares CS-50, DP-20 e DP-90, apresentaram valores baixos de  $V$  e  $VR$ , mesmo com valores altos de germinação. Nesse sentido pode-se considerar que essas cultivares de algodão não suportam o frio e que neste estudo o vigor relativo não mudaria a classificação dessas sementes (Tabela 18).

Tabela 17 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de três lotes de sementes de soja submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

Lotes	Envelhecimento acelerado																	
	0			45			85			128			173			213		
	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
1	95	84.0	88.4	95	80.0	84.2	96	74.0	77.1	96	76.0	79.2	97	73.0	75.3	96	77.0	80.2
2	79	30.0	38.0	83	27.0	32.5	80	29.0	36.3	76	28.0	36.8	76	19.0	25.0	74	7.0	9.5
3	95	38.0	40.0	94	36.0	38.3	96	32.0	33.3	90	34.0	37.8	94	29.0	30.9	94	19.0	20.2

Fonte: Adaptado de Marcos-Filho; McDonald (1998).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Tabela 18 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de quatro cultivares de algodão submetidas a diferentes testes de vigor (EA, TF, EC).

Cultivar	<i>G</i> (%)	EA		TF		EC	
		<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)	<i>V</i> (%)	<i>VR</i> (%)
IAC- 20 RR	95.0	87.5	92.1	72.0	75.8	81.0	85.3
CS-50	95.0	81.5	85.8	60.0	63.2	78.5	82.6
DP-20	94.0	88.5	94.1	60.5	64.4	79.5	84.6
DP-90	93.0	87.5	94.1	64.0	68.8	77.5	83.3

Fonte: Adaptado de Freitas et al. (2002).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

Outro caso que também não houve um relativo acréscimo dos valores de vigor relativo em relação aos de vigor foi em um trabalho pesquisando duas cultivares de soja submetidas a diferentes temperaturas (Tabela 19). Entretanto, uma exceção ocorreu nos testes realizados a 38/33 °C de temperatura, pois, nesse caso, tanto os valores de germinação quanto de vigor ficaram bem baixos, principalmente, para a cultivar Hutcheson (Tabela 19).

Tabela 19 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de duas cultivares de soja submetidas a diferentes temperaturas no teste de envelhecimento acelerado.

Cultivar	Envelhecimento Acelerado								
	Temperaturas °C								
	27/22			33/28			38/33		
	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Mc Call	99.00	99.0	100.0	100.00	90.0	90.0	78.00	24.0	30.8
Hutcheson	98.00	94.0	95.9	98.00	79.0	80.6	36.00	1.0	2.8

Fonte: Adaptado de Spears; Tekrony; Egli (1997).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

É conhecida pelos pesquisadores a dificuldade de padronização de um teste de vigor, pois vários fatores são levados em consideração. Em contexto observado no artigo que mediu a variabilidade dos resultados dos testes de frio e de envelhecimento acelerado, entre e dentro de diferentes laboratórios. Foram verificadas discrepâncias nos resultados do mesmo teste em diferentes laboratórios, comprovando essa dificuldade (Tabela 20).

O teste de frio é muito utilizado em sementes de milho, principalmente nos EUA, pois na época em que é realizada a semeadura dessa cultura por lá, a semente passa pelo mesmo tipo de estresse do teste (alta umidade e baixa temperatura). Os lotes de milho submetidos a essas condições, na sua maioria, apresentaram um vigor relativo acima do vigor, visto que apresentaram porcentagens de germinação em condições de frio acima das condições padrões de temperatura, umidade relativa e luminosidade. Pode-se inferir que essa situação aconteceu devido ao desenvolvimento genético e tecnológico das sementes de milho, fazendo com que elas suportassem melhor esse tipo de situação. No caso do teste de envelhecimento acelerado também foi observado alguns resultados de *VR* acima do *V*, com acréscimo de até 21% (Tabela 20).

Tabela 20 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de diferentes lotes de sementes de milho submetidas aos testes de frio e envelhecimento acelerado em diferentes laboratórios.

Teste Frio												
Lotes de diferentes qualidades												
Lab.	1			2			3			4		
	G (%)	V (%)	VR (%)	G (%)	V (%)	VR (%)	G (%)	V (%)	VR (%)	G (%)	V (%)	VR (%)
1	98.0	97.0	99.0	88.0	91.0	103.4	79.5	77.0	96.9	79.0	79.5	100.6
2	97.0	97.5	100.5	90.0	83.0	92.2	78.0	69.0	88.5	80.0	67.0	83.8
3	97.0	95.0	97.9	92.5	89.0	96.2	84.0	77.0	91.7	85.5	72.0	84.2
4	97.0	95.0	97.9	90.0	85.0	94.4	76.0	71.0	93.4	84.0	78.0	92.9
5	98.0	92.0	93.9	95.0	82.0	86.3	84.0	65.5	78.0	87.0	69.0	79.3
6	98.0	91.0	92.9	90.0	84.5	93.9	80.0	66.5	83.1	76.5	63.5	83.0
7	98.0	95.7	97.7	88.5	83.5	94.4	80.5	69.0	85.7	81.0	68.0	84.0
8	97.0	95.0	97.9	86.0	85.5	99.4	76.0	72.5	95.4	79.0	65.5	82.9
9	98.5	96.5	98.0	94.9	88.5	93.3	89.5	76.6	85.6	80.0	71.5	89.4
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	94.5	-	-	80.0	-	-	68.5	-	-	58.5	-
12	98.5	96.5	98.0	89.0	84.5	94.9	81.5	67.5	82.8	80.0	61.0	76.3
Teste de Envelhecimento Acelerado												
Lotes de diferentes qualidades												
Lab.	1			2			3			4		
	G (%)	V (%)	VR (%)	G (%)	V (%)	VR (%)	G (%)	V (%)	VR (%)	G (%)	V (%)	VR (%)
1	98.0	80.0	81.6	88.0	76.0	86.4	79.5	47.0	59.1	79.0	48.0	60.8
2	97.0	98.0	101.0	90.0	86.0	95.6	78.0	75.0	96.2	80.0	73.0	91.3
3	97.0	97.0	100.0	92.5	91.0	98.4	84.0	82.0	97.6	85.5	81.0	94.7
4	97.0	-	-	90.0	-	-	76.0	-	-	84.0	-	-
5	98.0	92.0	93.9	95.0	85.0	89.5	84.0	69.0	82.1	87.0	0.0	0.0
6	98.0	-	-	90.0	-	-	80.0	-	-	76.5	-	-
7	98.0	91.0	92.9	88.5	78.0	88.1	80.5	69.0	85.7	81.0	63.0	77.8
8	97.0	94.0	96.9	86.0	82.0	95.3	76.0	68.0	89.5	79.0	59.0	74.7
9	98.5	78.0	79.2	94.9	81.0	85.4	89.5	66.0	73.7	80.0	43.0	53.8
10	-	92.0	-	-	77.0	-	-	59.0	-	-	64.0	-
11	-	95.0	-	-	84.0	-	-	71.0	-	-	66.0	-
12	98.5	96.0	97.5	89.0	87.0	97.8	81.5	73.0	89.6	80.0	68.0	85.0

Fonte: Adaptado de Byrum; Copeland (1995).

G: Germinação; V: Vigor e VR: Vigor relativo.

Nota: - Sem resultado

Sementes que são tratadas com algum tipo de produto, seja ele inseticida ou fungicida, normalmente podem ter sua germinação reduzida. Contudo, nem sempre isso acontece, como foi comprovado no artigo que estudou os efeitos do tratamento de sementes com diferentes inseticidas e período de armazenamento em cultivares de trigo WH147, SONALIKA e HD2329 (Tabela 21).

Foi observado que para as cultivares SONALIKA e HD2329, utilizando os inseticidas A, F e CH ou o não uso (controle), houve um aumento da emergência em campo e, conseqüentemente, um vigor relativo acima do vigor. Para a cultivar WH147 isso ocorreu em todos os tratamentos, com valores de *VR* acima dos 100%, ou seja, a emergência em condição de campo proporcionou uma germinação maior do que em condições de laboratório e a presença desses inseticidas não afetaram negativamente a germinação.

Tabela 21 - Médias de germinação, vigor e vigor relativo de sementes de trigo tratadas com inseticidas e submetidas ao teste de emergência em campo.

Cultivar	Teste de Vigor: Emergência em Campo														
	Inseticida														
	A			E			F			CH			CONTROLE		
	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>VR</i>
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Wh147	92.0	97.0	105.4	94.0	100.0	106.4	78.0	70.0	89.7	94.0	97.0	103.2	95.0	97.0	102.1
Sonalika	73.0	80.0	109.6	89.0	77.0	86.5	44.0	53.0	120.5	78.0	73.0	93.6	93.0	97.0	104.3
Hd2329	97.0	100.0	103.1	97.0	90.0	92.8	76.0	70.0	92.1	96.0	100.0	104.2	100.0	100.0	100.0

Fonte: Adaptado de Kashypa; Chaudhary; Sheoran (1994).

*G*: Germinação; *V*: Vigor e *VR*: Vigor relativo.

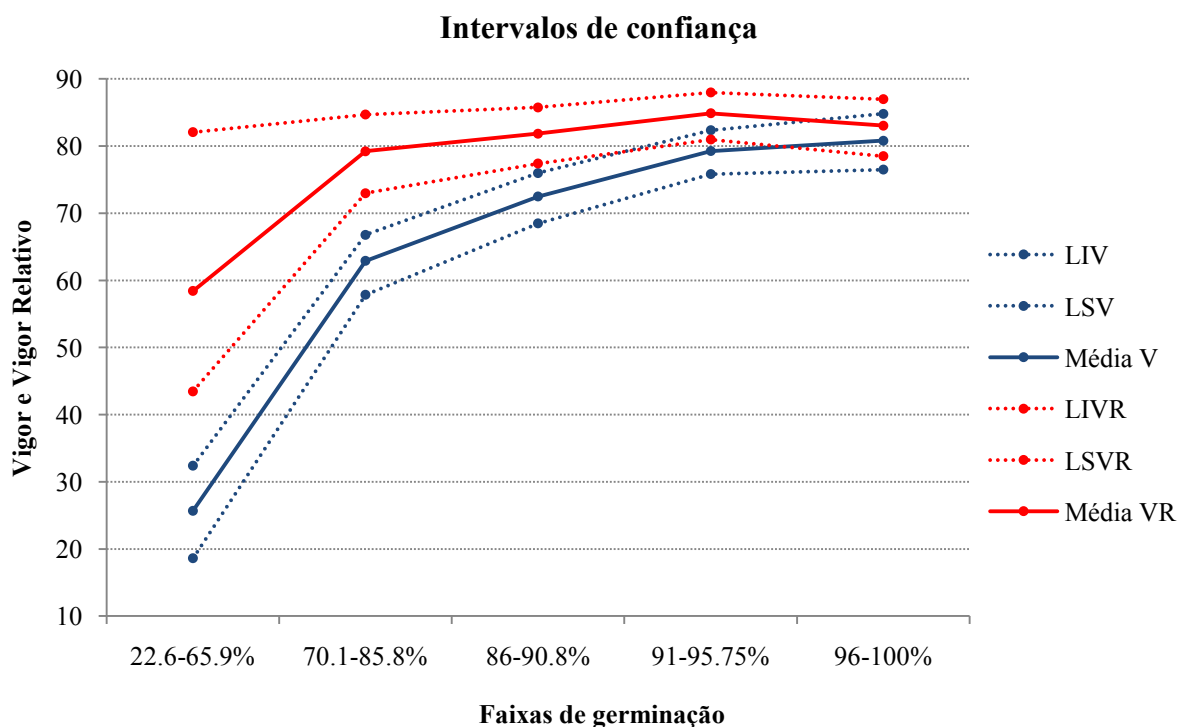
Em relação aos dados de todos os artigos reunidos e submetidos à técnica do *bootstrap* observa-se que em condições de germinação baixa o vigor relativo é superior ao vigor assim como nos dados da empresa. Já nos casos em que a germinação é considerada elevada (faixa 4 e faixa 5: Acima de 91%) os intervalos de confiança do vigor relativo e do vigor se sobrepuseram, mostrando que nessa situação o vigor relativo pode ser considerado igual ao vigor na sua forma absoluta, sendo facultativo seu cálculo (Tabela 22).

O gráfico (Figura 10) comprovou isso, mostrando os intervalos de confiança se sobrepondo, nas faixas 4 e 5, condições de germinação alta, sendo considerados estatisticamente iguais.

Tabela 22 - Limites Superior, Inferior e Média do  $VR$  e  $V$  dos dados da Revista.

Germinação (%)		Intervalos de confiança Bootstrap (95%)					
		Vigor			Vigor Relativo		
		Limite inferior	Limite superior	Média	Limite Inferior	Limite superior	Média
Faixa 1	22.6-65.9	18.620	32.383	25.518	43.484	82.074	61.350
Faixa 2	70.1-85.8	57.840	66.783	62.302	72.990	84.690	78.688
Faixa 3	86-90.8	68.489	75.991	72.433	77.399	85.761	81.793
Faixa 4	91-95.8	75.826	82.345	79.291	80.968	87.979	84.778
Faixa 5	96-100	76.480	84.813	80.765	78.500	86.987	82.878

Fonte: A autora.

Figura 10. Intervalos de confiança das médias do  $VR$  e  $V$  para cada faixa de germinação com os dados da revista.

### 3.3 Resultados da simulação de dados

Em relação aos dados simulados na faixa de germinação de 80 a 85% (Figura 11), foi possível verificar que na situação a, que é aquela em que a empresa só aprova lotes com vigor acima de 90%, utilizando o vigor em ambas as faixas, esses lotes seriam reprovados e descartados. Já com o uso do vigor relativo, o lote seria aprovado. Isso

ocorreu também na situação b, em que lotes são descartados com vigor abaixo de 85%. Também na situação c, com descartes de lotes de vigor abaixo de 80%, na faixa de vigor entre 75-80%, com o uso do  $V$  o lote seria reprovado, mas utilizando o  $VR$  seria aprovado. E na faixa de 80-85% de vigor independente do uso do  $VR$  ou do  $V$ , ambos seriam aprovados.

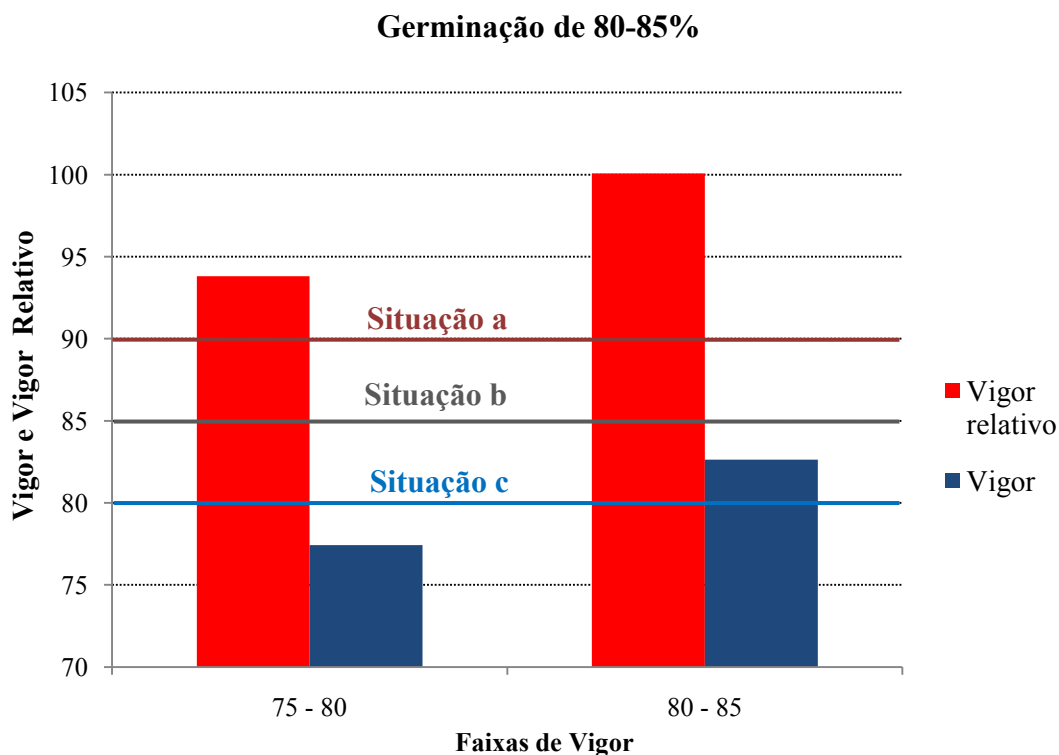


Figura 11. Médias de  $V$  e  $VR$  em diferentes faixas de vigor, para germinação de 80-85%.

Nota: Situação a - Lotes reprovados com vigor abaixo de 90%; Situação b - Lotes reprovados com vigor abaixo de 85%; Situação c - Lotes reprovados com vigor abaixo de 80%.

Em condições de germinação de 85 a 90% (Figura 12) foi verificado que na situação a, para as faixas de vigor 80-85% e 85-90%, utilizando o vigor os lotes seriam descartados. Já usando o vigor relativo isso não ocorreria, e na faixa de 75-80% independente do vigor usado, ambos seriam descartados, tanto utilizando o  $V$  quanto o  $VR$  como referência. Isso ocorreu também na situação c para esta faixa.

Na situação b ocorre essa diferença na aprovação ou reprovação do lote de acordo com o resultado usado,  $VR$  ou  $V$ , nas faixas de 75-80% e 80-85%. Já na faixa de 85-90% com ambos os vigores o lote seria aprovado. Esse mesmo resultado ocorre na situação c para as faixas 80-85% e 85-90%.



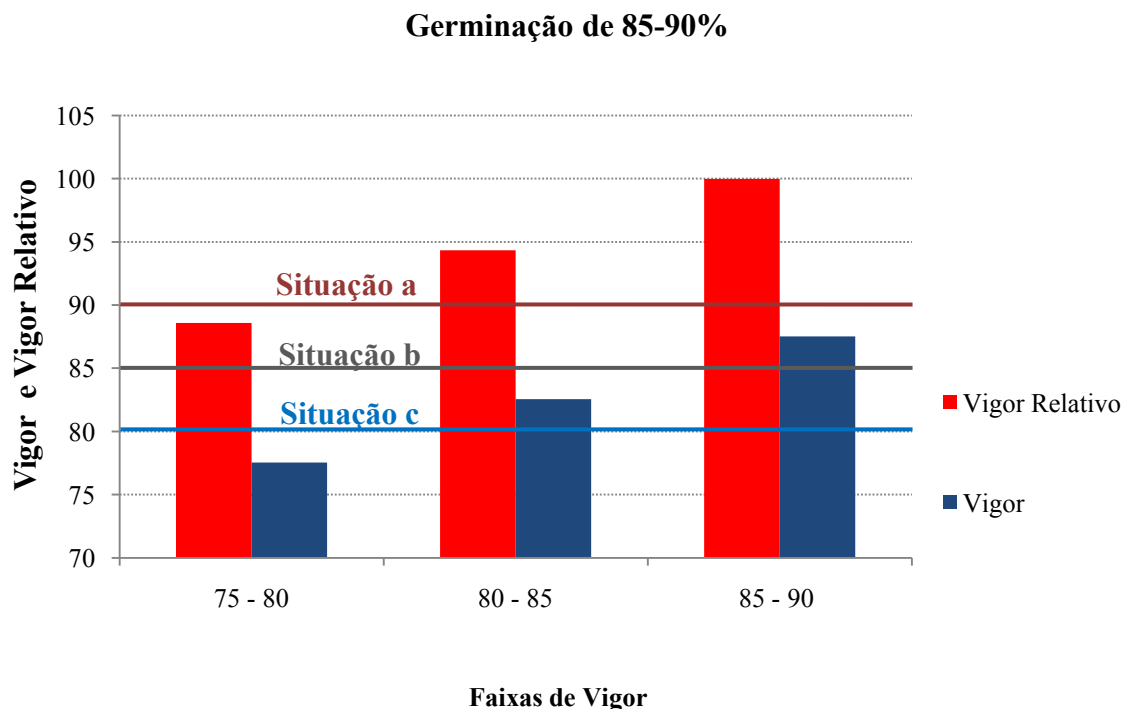


Figura 12. Médias de  $V$  e  $VR$  em diferentes faixas de vigor, para germinação de 85-90%.

Nota: Situação a - Lotes reprovados com vigor abaixo de 90%; Situação b - Lotes reprovados com vigor abaixo de 85%; Situação c - Lotes reprovados com vigor abaixo de 80%.

Em condições de germinação de 90 a 95% (Figura 13), foi observado que nas faixas de vigor intermediário a marginal (75% até 90%) ocorreu alteração na classificação do lote em aprovado ou reprovado, dependendo de qual vigor foi utilizado, o vigor relativo ou o vigor na sua forma absoluta, isso na situação a. Na faixa de 90 a 95% de vigor, independente da utilização do  $V$  ou do  $VR$ , os lotes seriam aprovados nas três situações.

Na situação c, tanto para a faixa de 80 a 85% quanto 85 a 90% os lotes seriam aprovados independente do vigor utilizado. Sendo aprovado com o  $VR$  e reprovado com o  $V$ , na faixa de 75 a 80%. Considerando a situação b, ambos os vigores são classificados como aprovados para as faixas de vigor de 85 até 95% e com classificações diferentes para as faixas mais baixas (75-80%; 80-85%).

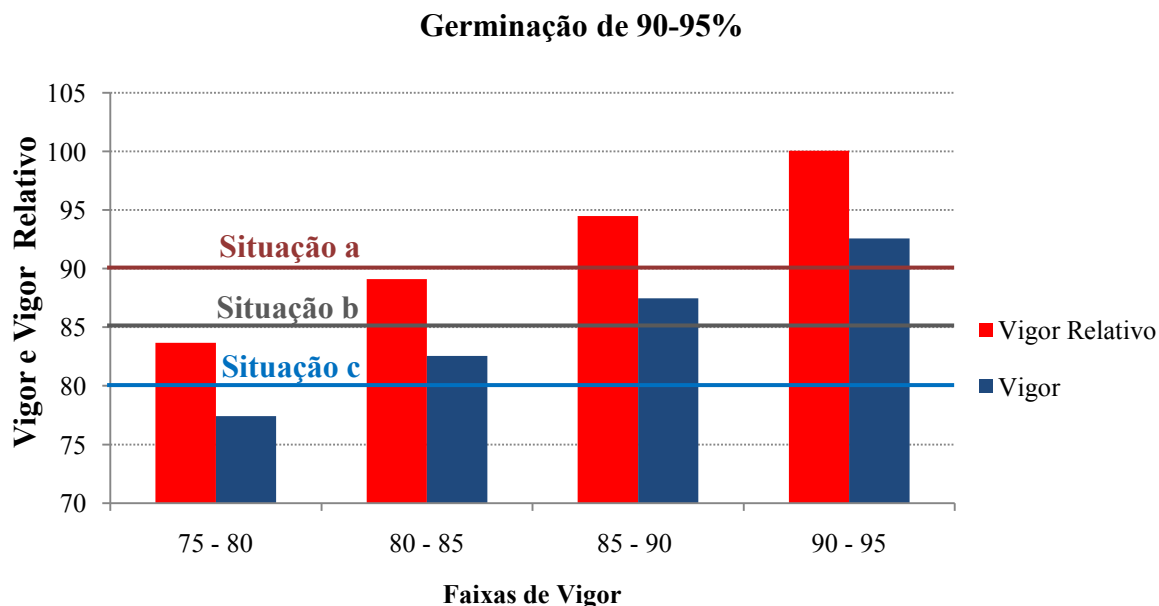


Figura 13. Médias de  $V$  e  $VR$  em diferentes faixas de vigor, para germinação de 90-95%.

Nota: Situação a - Lotes reprovados com vigor abaixo de 90%; Situação b - Lotes reprovados com vigor abaixo de 85%; Situação c - Lotes reprovados com vigor abaixo de 80%.

Por fim, em condição de germinação alta, acima de 90% (Figura 14), independentemente da situação (a, b ou c) ou da faixa de vigor, o vigor relativo sempre fica dentro da mesma faixa de classificação do vigor na forma absoluta, sendo os lotes considerados descartados na faixa de vigor de 75 a 80% e aprovados nas demais faixas, utilizando tanto o  $VR$  quanto o  $V$ , isso para a situação c. Já na situação a, apenas na faixa de 90 a 95% os lotes seriam aprovados utilizando qualquer vigor, relativo ou na forma absoluta.

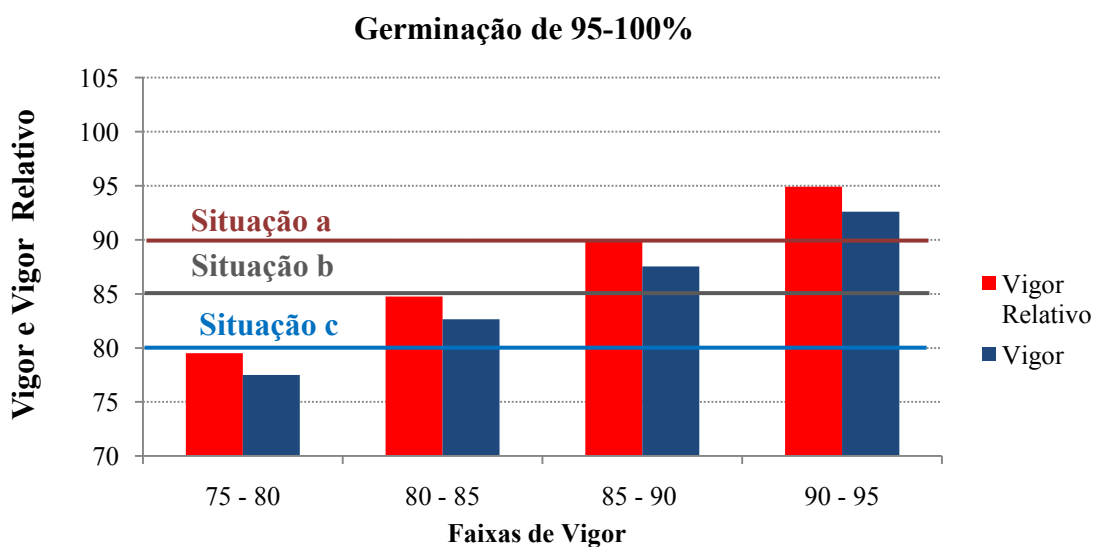


Figura 14. Gráfico das médias de  $V$  e  $VR$  em diferentes faixas de vigor, para germinação de 95-100%.

Nota: Situação a - Lotes reprovados com vigor abaixo de 90%; Situação b - Lotes reprovados com vigor abaixo de 85%; Situação c - Lotes reprovados com vigor abaixo de 80%.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O vigor relativo é uma nova abordagem para classificação de lotes de sementes, sendo essa medida capaz de alterar a classificação do vigor, principalmente daqueles lotes de qualidade marginal e intermediária, que são próximas ao padrão para comercialização.

Como vantagem, o uso do vigor relativo pode ser adotado como uma ferramenta a mais em sistemas de controle de qualidade de lotes de sementes comerciais. Além de não ser um teste trabalhoso, já que com apenas um cálculo se obtém o resultado do *VR*, o teste de vigor relativo pode ser utilizado também para classificar lotes de sementes em ambientes com dificuldade de armazenamento adequado, facilitando, assim, a interpretação dos resultados e tomada de decisão com relação ao lote de semente.

O *VR* consegue mostrar se o problema está na germinação ou no vigor, apontando a necessidade de repetição dos testes de germinação ou do teste vigor.

Por outro lado, a desvantagem dessa medida é que ela só pode ser utilizada quando os resultados dos testes de vigor forem expressos em porcentagem, por isso há a necessidade de trabalhos futuros em que se consiga relativizar o vigor expresso não somente em porcentagem.

## REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. *In*: KOZLOWISKI, T. T. (ed.). **Seed biology: germination control, metabolism and pathology**. New York: Academic Press, 1972. v. 2, p. 283-315. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-424303-3.50010-5>

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 6, p. 6300-6633, 1973. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>

ALSADON, A.; YULE, L. J.; POWELL, A. A. Influence of seed ageing on the germination, vigour and emergence in module trays of tomato and cucumber seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n. 3, p. 665-672, 1995.

ALVES, E. J. **Métodos de bootstrap e aplicações em problemas biológicos**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus Rio Claro, 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: AOSA, 1983.

BARROS, A. S. R. **Testes para a avaliação rápida da viabilidade e do vigor de sementes de soja (Glycine max L. Merrill)**. 1988. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8_9)

BISHNOI, U. R.; DELOUCHE, J. C. Relationship of vigour tests and seed lots to cotton seedling establishment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 8, n. 3, p. 341-346, 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 45, de 17 de setembro de 2013**. Brasília, DF: MAPA, 2013. Disponível em: [http://www.lex.com.br/legis\\_24861657\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_45\\_DE\\_17\\_DE\\_SETEMBRO\\_DE\\_2013.aspx](http://www.lex.com.br/legis_24861657_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_45_DE_17_DE_SETEMBRO_DE_2013.aspx). Acesso em: 4 fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009.

BYRUM, J. R.; COPELAND, L. O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n. 2, p. 543-549, 1995.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CORBINEAU, F. Markers of seed quality: from present to future. **Seed Science Research**, Zurich, v. 22, n. S1, p. S61-S68, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258511000419>

DELOUCHE, J. C. Physiology of seed storage. *In*: CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE AMERICAN TRADE ASSOCIATION, 23., Mississipi, 1968. **Proceedings** [...]. Mississipi: [s. n.], 1968. p. 83-90.

DELOUCHE, J. C. Standardization of vigour testes. **Journal of Seed Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 75-85, 1976.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS-FILHO, J.; CARMELLO, Q. A. C. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, n. 1, p. 7-18, 1996.

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

EGLI, D. B.; TEKRONY, D. M. Seedbed conditions and prediction of field emergence of soybean seed. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 9, p. 365-370, 1996. DOI: <https://doi.org/10.2134/jpa1996.0365>

EGLI, D. B.; TEKRONY, D. M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, p. 595-607, 1995.

FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; CECON, P. R.; REIS, M. S.; DIAS, L. A. S. Storability of cotton seeds predicted by vigour tests. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 30, n. 2, p. 403-410, 2002.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. Zürich: ISTA, 1995.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: [s. n.], 1981.

KASHYPA, R. K.; CHAUDHARY, O. P.; SHEORAN, I. S. Effects of insecticide seed treatments on seed viability and vigour in wheat cultivars. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 22, n. 3, p. 503-517, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)30299-2](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)30299-2)

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999.

MANTEIGA, W. G.; SÁNCHEZ, J. M. P. The *bootstrap*: a review. **Computational Statistics**, [s. l.], v. 9, p. 165–205, 1994.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015a.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>

MARCOS-FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987.

MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M. B. Sensitivity of RAPD analysis, germination and vigour tests to detect the intensity of deterioration of naturally and artificially aged soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, n. 1, p. 141-156, 1998.

MARTINS, L.; LAGO, A. A.; GROTH, D. Valor cultural de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) Stapf durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 60-64, 1998. DOI: <https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v20n1p60-64>

MCDONALD JR., M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

McDONALD, M. B. Assessment of seed quality. **Horticultural Science**, Praga-República Tcheca, v. 15, p. 784-788, 1980.

MODARRESI, R.; RUCKER, M.; TEKRONY, D. M. Accelerated ageing test for comparing wheat seed vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 30, n. 3, p. 683- 687, 2002.

NOVEMBRE, A. D. L. C. Avaliação da qualidade de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 3. p. 24-28, 2001.

PEIXOTO A. M. **Enciclopédia agrícola brasileira S-Z**. São Paulo: USP/Fapesp, 2006. v. 6. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=wqU3SihZqfcC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=wqU3SihZqfcC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 24 jan. 2018.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985.

PRIJIC, L.; JOVANOVIC, M.; GLAMOCLIJA, D. Germination and vigour of wrinkled and greenish soybean seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, n. 2, p. 377-383, 1998.

R CORE TEAM (2019). **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso: 9 jan. 2019.

- ROSSETTO, C. A. V.; MARCOS-FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 123-131, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000100020>
- SAWAN, Z. M.; GREGG, B. R.; YOUSEF, S. E. Influence of nitrogen fertilisation and foliar-applied plant growth retardants and zinc on cotton seed yield, viability and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, n. 2, p. 393-404, 1998.
- SPEARS, J. F.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, n. 2, p. 233-244, 1997.
- STEINER, A. M.; KRUSE, M. History of seed testing. *In: Seed Testing International (ISTA)*, Zurich, n.132, p.19-21, 2006.
- STEINER, A. M.; KRUSE, M.; LEIST, N. Method validation in the early days – testing forest tree seeds in 1928-1934. **Seed Testing International: Rules Development**, Zurich, n. 138, p. 33-36, 2009.
- TEKRONY, D. M. Seed vigour testing: 1982. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 8, n. 1, p. 55-60, 1983.
- THUY, N. X.; CHOUDHARY, M. A.; HAMPTON, J. G. The effects of high drying temperature and tempering on development of stress cracks and germination of maize seed (*Zea mays* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 2, p. 507-515, 1999.
- TOMER, R. P. S.; MAGUIRE, J. D. Seed vigour studies in wheat. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 18, n. 2, p. 383-392, 1990.
- VIEIRA, C. P.; VIEIRA, R. D.; PASCHOALICK, J. H. N. Effects of mechanical damages during soybean seed processing on physiological seed quality and storage potential. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 22, n. 3, p. 581-589, 1994.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. *In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 31-47.
- WALTERS, C. T.; ROOS, E. E. Saving seeds for the long term. **Agricultural Research**, Washington, v. 46, n. 9, p. 12-13, Sept. 1998.

## ANEXOS

ANEXO A – Script R CODE utilizado para realizar a técnica do *Bootstrap*

```

dados=read.table("faixa 1.txt",h=T) # Carregando os dados, contendo uma coluna de
# germinação e outra de vigor.
attach(dados) # Armanezando na memória temporária do R, a coluna germinação e
# vigor dos dados carregados.
(mg=mean(germinação)) # Média de germinação da faixa 1.
(mv=mean(vigor)) # Média de vigor da faixa 1.
(vr=(mv/mg)*100) # Média de vigor relativo da faixa 1.

# Intervalo de Confiança Bootstrap
ICboot=function (germinação,vigor, nboot=1000) {
# ICboot: função para a obtenção dos intervalos de confiança do vigor e
# vigor relativo, utilizando o método intervalo de confiança bootstrap percentil.
# nboot: número de reamostragens.
fisc=999
fisc1=999
for(i in (1:nboot)) {
xx1=sample(germinação, replace=T)
xx2=sample(vigor, replace=T)
mg=mean(xx1)
mv=mean(xx2)
vr=(mv/mg)*100
fisc=c(fisc,vr)
fisc1=c(fisc1,mv)
}
fisc=fisc[fisc<999]
fisc1=fisc1[fisc1<999]
qfiscVR= quantile(fisc,0.975)
qfiscVR=quantile(fisc,0.025)
qfiscV= quantile(fisc1,0.975)
qfiscV=quantile(fisc1,0.025)

```



```
list(LIV=qfiscV,LSV=qfiscV,LIVR=qfiscVR,LSVR=qfiscVR)
}
ICboot(germinação,vigor) # Obtenção dos intervalos de confiança do vigor e
# vigor relativo.
```

**ANEXO B - Script R CODE utilizado para simular dados**

```
faixa1g=(rbinom(1500, 400, 0.825)/400)*100 # Simulando percentuais de germinação
# na faixa de 80 a 85%.
faixa1g2=faixa1g[faixa1g>=80&faixa1g<=85] # Excluindo percentuais de germinação
# simulados fora da faixa.
faixa1v=(rbinom(1500, 400, 0.775)/400)*100 # Simulando percentuais de vigor
# na faixa de 75 a 80%.
faixa1v2=faixa1v[faixa1v>=75&faixa1v<=80] # Excluindo percentuais de vigor
# simulados fora da faixa.
(mg=mean(faixa1g2)) # Média de germinação da faixa 1.
(mv=mean(faixa1v2)) # Média de vigor da faixa 1.
(vr=(mv/mg)*100) # Média de vigor relativo da faixa 1.
```